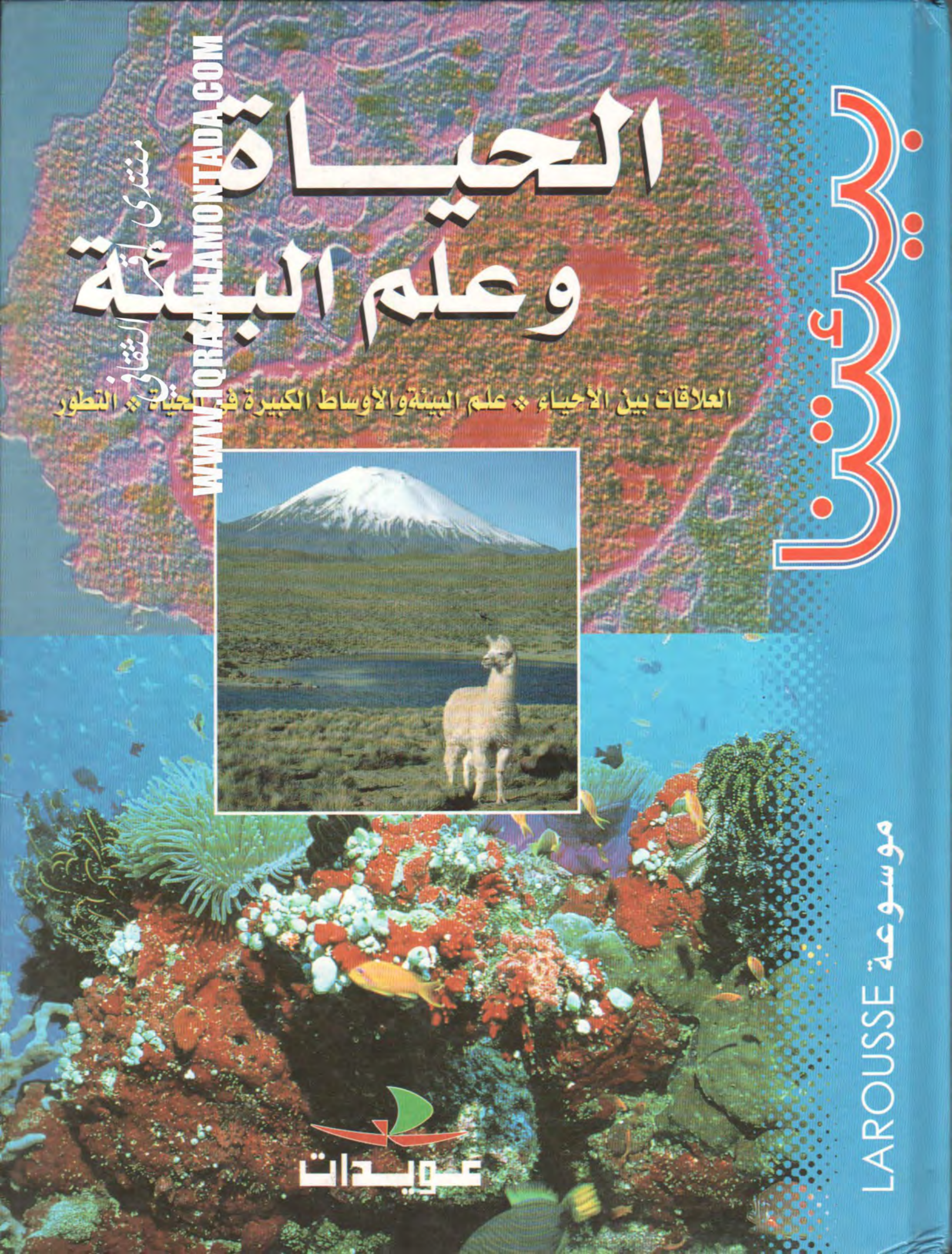

الحياة
وعلم البيئة
العلاقات بين الأحياء ❖ علم البيئة والأوساط الكبيرة في الحياة ❖ التطور
بيئتنا
موسوعة LAROUSSE
عويدات
WWW.IQRAAHLAMONTADA.COM
منتدى إقرأ الثقافي



موسوعة LAROUSSE

الحياة وعلم البيئة

العلاقات بين الأحياء ـ علم البيئة والأوساط الكبيرة في الحياة ـ التطوّر

تعريب

د. جورج قاضي



عويدات للنشر والطباعة

بيروت ـ لبنان

بيروت ـ لبنان ـ ص. ب. 628 ـ تلفاكس 305961 1 00961 ـ تلفون 616033 3 00961

E-mail: oueidat _ editions@hotmail.com

الإدارة

إيزابيل بورديال

تأليف

جيرالدين مانيان

الصور: إعداد ومتابعة

جاكلين باجويه

الرسوم

لوران بلونديل، فابريس دادون، مارك دومولان، باتريك موران،

كلود بوبيه، دومينيك روسال، ليوني سكلوسّير،

ميشال سيمان، باتريك تايرون، كلير ويت، توم سام يو، أرشيف **Larousse**

الطبعة العربية

إشراف ميسر عبد العال

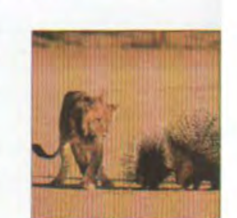
تنفيذ سامو برس غروب

رقم التسجيل في الترقيم العالمي ISBN 9953-28

الطبعة 2008

الفهرس

العلاقات بين الأحياء



علم البيئة والأوساط الكبيرة في الحياة



الفهرس

التطوّر

عويدات للنشر والطباعة 2006/1080



السلوك الحيواني

نصف وراثة، نصف تدرّب

هل السلوك فطري أم مكتسب؟ إنه الاثنان معاً. فإذا كان في بعض الحالات مقولباً، تحت تبعية الجينات فقط، فإنه يكون في حالات أخرى مكتسباً من الأقدمين وحتى أنه يكون أحياناً مبتكراً.



إذا كان يوجد تنوع واسع للعكاش (بيت العنكبوت)، فإن كل الأفراد من النوع نفسه تنسج بيوتها انطلاقاً من النموذج نفسه. وهكذا بمجرد أن يصبح صغير العنكبوت مستقلاً، فإنه يقوم ببناء بيته، حتى بدون أن يكون قد رأى مثله قبل ذلك أبداً. هذا السلوك محدد جينياً.

سواء تعلّق الأمر بالبحث عن المنطقة، أو عن المأكل، أو عن الشريك الجنسي، أو حتى بالعناية المقدمة إلى الصغار، أو بالمظاهر الأخرى المتعددة لبقاء الفرد على قيد الحياة في مواجهة بيئته، فإن السلوك الحيواني أساسي. هناك عدد من السلوكيات محدّدة جينياً مثل نسج بيوت العنكبوت أو التسلسل الدقيق للحركات في الاستعراض العاطفي. صحيح أن السلوكيات الأكثر تعقيداً تستلزم تدرباً، لكن آليات هذا التدرّب والبنيات الخاصة للجهاز العصبي التي تجعله ممكناً هي أيضاً مسجلة في الجينات.

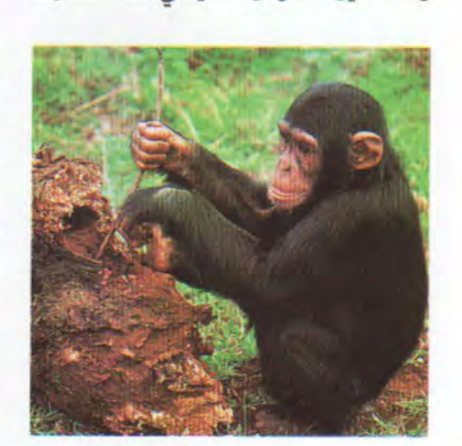
إن السلوكيات الفطرية، التي تتعلق فقط بالميراث الجيني للنوع، تتطابق مع سلوكيات يقال عنها أنها مقولبة. إنها تجري دائماً بالطريقة نفسها، ويسبّبها حافز يعرف «بالمُطْلِق». وهكذا، فإن السلوك المقولب يتعلق في الواقع بالقدرة على كشف المُطْلِق. على سبيل المثال، تحط بعض الفراشات الليلية بشكل فطري على الأرض بمجرد أن تكشف الأصوات الفوقية الصادرة عن الوطاويط التي تعيش من القنص، حتى دون أن تكون قد اختبرت سابقاً الخطر المحدق بها.

في المقابل يعتبر التدرب تغييراً للسلوك بالخبرة. فالحيوان يحسّن سلوكياته المختلفة خلال فترة وجوده ويمكن أن يتعلم كذلك سلوكيات جديدة. لكن هنا أيضاً يخضع السلوك لتأثير جيني. في الواقع بجينات النوع، تتعلق فترة النمو التي يكون فيها الجهاز العصبي قابلاً للتأثر بالتدرب. وهكذا فإن التغريد المميز للطيور ينتج عن مزيج من السلوك الفطري والتدرب. خلال فترة حاسمة محدّدة جينياً، يجب على الفراخ أن تسمع تغريد أهلها قبل أن تتمكن هي من التعبير عن ذلك بنفسها. ولكن ينبغي عليها كذلك أن

إن السلوكيات الأكثر إتقاناً تتحدّد «بإدراك مفاجئ».

تتفاهم فيما بينها في الوقت الذي يتطور فيه التعبير عن التغريد.

الطبع هو نوع آخر من أنواع السلوك الفطري والمكتسب في آن معاً. وقد أوضحه النمساوي كونراد لورنز في الثلاثينات. بعد أن أخذ خفية عدة بيضات من الأوز الرمادي دون أن تراه الأوزة الأم ليضعها في حاضنة، أمضى الباحث مع الفراخ أول ساعات من حياتها. وإذا كانت الفراخ التي ربتها أمها تقوم بسلوك طبيعي عندما تتبع أمها بكل طاعة خلال تنقلاتها، فإن الفراخ التي ولدت بالقرب من لورنز لم تتعرف لا على أمها ولا على الطيور البالغة من نفس نوعها، كانت تفضل الباحث عنها، وفي غيابه كانت تفضل أي كائن بشري آخر. إن التعرّف على الأم لدى الأوز الرمادي ليس فطرياً إذن، لأن هذه الطيور تتعرّف على أول شيء تراه. إن قدرتها على الاستجابة تتعلق بالطبع بجيناتها، لكن البيئة - رؤية أمها في الحالة الطبيعية - هي التي تعطيها المنبّه المطلِق للسلوك. يتميز الطبع بفترة حاسمة تتطابق مع المدة الزمنية التي يمكن للتدرّب أن يحدث خلالها. بعد ذلك يكون الطبع ذو اتجاه واحد غير معكوس. لا يعني هذا السلوك



لاستخراج دودة الخشب من جذع الشجرة، يستعمل هذا الشامبانزي ساقاً (tige). تملك القردة الكبيرة قائمة طويلة بسلوكياتها المكتسبة.

ولد **كونراد لورنز** (1903 - 1989) في فيينا في النمسا، وهو يحمل شهادة الدكتوراه في الطب والفلسفة. يعتبر مؤسس المادة العلمية التي تدرس السلوك الحيواني: علم العادات. لقد أجرى القسم الأساسي من أعماله حول العادات في ملكه الخاص بالتبرغ، وأهله ذلك للحصول على جائزة نوبل في الطب لعام 1973. كان مساعداً في قسم التشريح في فيينا وأصبح بعد ذلك محاضراً حول التشريح المقارن وعلم النفس الحيواني في كونيغسبرغ، وبعد ذلك أصبح مدير معهد ماكس - بلانك في بافاريا وأستاذاً فخرياً في جامعات ميونخ ومونستر.



الصغار فقط. هناك فترات حاسمة متعدّدة مؤاتية للطبع توجّه حياة الحيوان. فهي تسمح مثلاً للحيوانات البالغة بالتعرّف على صغارها أو على شريكها الجنسي.

خلال حياتها، تقرن بعض الحيوانات منبهاً بآخر عبر عملية تدرب ترابطية. إنه «التكيف التقليدي» الذي أثبته العالِم بوظائف الأعضاء، الروسي إيفان بافلوف. قبل إطعام الكلاب، أسمع العالِم الحيوانات رنين جرس. وبعد فترة من الزمن، كان لعاب الكلاب يسيل عند سماعها صوت الجرس فقط. يسمح تكيّف آخر يعرف «بالتكيّف المؤثّر» للحيوان، بعد سلسلة تجارب عديدة، إقران سلوك من سلوكياته بمكافأة (نجاح) أو بعقاب (فشل). لكن التدرب يجري كذلك بملاحظة القريب، كما تدل على ذلك الفراخ التي تستمع إلى أهلها قبل الغناء. يبدو كذلك أن قيمة هذه اللعبة تعادل قيمة التدرب، لأنها تنطوي على حركات غالباً ما تكون قريبة جداً من السلوكيات النفعية، مثل الاستيلاء على فريسة أو الدفاع عن الموئل.

أخيراً، يعني «الإدراك المفاجئ» القدرة على تحقيق السلوك الملائم منذ التجربة الأولى. هنا يبدو أن منطقاً معيناً يقود الحيوان نحو النجاح. فخلال تجارب متنوعة كثيراً، ظهرت القرود الكبيرة، مثل الشامبانزي، موهوبة بشكل خاص. كلما تقدم العلم في معرفة السلوك الحيواني، قلّ تمييزه بين البشر وبقية الحيوانات، التي لم يعد يوجد تردد بعد الآن بوصفها بالذكاء. ■

هل تعلم؟

وفقاً لدراسة أجرتها عالمة أميركية، تبين أن أخطاء الغير هي غنية بالإرشادات. لقد أظهرت بعد سلسلة تجارب، أن طائر الزرزور يحسّن أداءه بشكل أفضل بعد ملاحظته لخيبات الطيور من أمثاله أكثر من ملاحظته لنجاحاتها.

توضيح

انكبّ فريق دولي على دراسة التغيرات الإقليمية لسلوك الشامبانزي. وأظهرت هذه الدراسة أن 39 حركة على الأقل، داخل هذا النوع، تتم بشكل مختلف وفقاً لمكان وجود الحيوانات. على سبيل المثال، يوجد على الأقل ثلاث طرق يقوم بها الشامبانزي لتفلية أمثاله من الحيوانات من القمل، وفقاً لوجود هذا الحيوان في ساحل العاج أو تانزانيا أو أوغندا. وبما أن هذه المغايرات السلوكية تنتقل من جيل إلى جيل، يوجد إذن «اختلافات ثقافية» حقيقية لدى الشامبانزي، كما هي الحال بين المجموعات السكانية البشرية.



الاتّصال الحيواني

الحوار الكيماوي، النظري، السمعي واللمسي

يتوجّب على الحيوانات التي تنتمي إلى النوع نفسه أن تتصل فيما بينها في كل الظروف. إنها تتبادل أيضاً باستمرار إرسال الإشارات بكل أنواعها، هدفها من وراء ذلك التأثير على سلوك الفرد الذي يلتقط الإشارة.



بغية تأمين الروابط الاجتماعية داخل الرهط، تملك الذئاب لوحة كبيرة من الإيماءات والوضعيات الجسمية. تتمتع الإشارات البصرية بفائدة أكيدة: بالإمكان تغييرها تغييراً فورياً تبعاً لرد فعل المحاور.

تطبّل الغوريلا على صدرها. يهزّ صرار الليل جناحيه. يحرك الحصان أذنيه. يزأر الأسد. يضع الثعلب والغرير بعرهما بشكل علني. حيوانات أخرى كثيرة قادرة على التعبير بفضل لوحة من الإيماءات والوضعيات الجسمية، في حين أن النملة تلصق قرن استشعارها بالنملة الأخرى للتحادث بلغة كيماوية معقدة. بفضل الاتصال، تظهر الحيوانات حضورها، وتحدد أرضها، وتشير إلى الخطر، وتعبّر عن رغبتها الجنسية، أو حتى أنها تذكّر من هو قائدها. ففي المجتمعات الحيوانية، يعزز الاتصال تماسك المجموعة. يمكن أن يكون الاتصال بصرياً، أو سمعياً أو كيماوياً أو حتى لمسياً، وغالباً ما يستعمل الحيوان إحدى هذه الطرق. على أية حال، ترسل الإشارة دائماً للتأثير على سلوك بقية الأفراد.

يظهر أن الاتصال الكيماوي هو، أو ربما يكون، الوسيلة الأكثر شيوعاً لنقل المعلومات في مملكة الحيوان، وكذلك الأكثر قدماً. إنه يجري بفضل إشارات كيماوية هي الفيرومون، ترسل لجذب انتباه أفراد

قد يكون الاتصال الكيماوي هو الطريقة الأكثر انتشاراً أو الأكثر قدماً.

من النوع نفسه. يكفي البعض من هذه الجزيئات الصغيرة للتأثير على سلوك حيوان متجانس. فضلاً عن ذلك نشير إلى أن مروحة الإشارات الناتجة واسعة. بالنسبة للإنسان، بالرغم من أن حاسة شمّه هي ما دون الوسط، فإنه يتمكن من تمييز حوالى 000 10 رائحة. وبما أن الفيرومون ينتشر لمدة طويلة، فإن هذه الإشارات تعبق لقاء كلفة زهيدة. إنها تفيد في تحديد مسار ـ كما هي الحال لدى النمل حيث تقوم النملات الكشافة بإفراز جزيئات تقود النملات الأخرى نحو مصدر الطعام ـ، أو تعيين منطقة ـ على غرار الفهد الذي يضع مع بوله على جذوع الأشجار فيرومونات تفرزها غدة ـ، أو في إطلاق الانجذاب الجنسي ـ مثل إناث فراشة دودة القز التي تتمكن من جذب الذكور المنتشرين على مسافة عدة كيلومترات.

بفضل «رقصة» مرمّزة، تدل النحلة مثيلاتها على مكان وجود الطعام.

تتحاور حيوانات عديدة كذلك بطريقة بصرية. فهذا النوع من الإشارات، سهل الإنتاج ومتنوع جداً، خاصة وأنه يمكن تغييره بسرعة كبيرة تبعاً لاستجابة المحاور. وهكذا، بإمكان الذئب الذي يظهر أنيابه، أن يخضع في اللحظة نفسها أمام محاوره إذا أبلغه هذا الأخير أنه هو السيد. إن الاتصال الصوتي، الذي يتم عامة بواسطة النطق بمصوتات، هو كذلك شائع جداً. فهو يسمح بالتعرّف على الأفراد والأنواع، وبالبقاء على اتصال مع أفراد المجموعة، وبإذاعة حالة انفعالية، وبالتنبيه لوجود حيوان مفترس... أما بالنسبة للحيوانات شبه الصماء أو شبه العمياء، فإن الاتصال اللمسي هو الغالب. إنه الحال في اللجج أو في باطن الأرض، حيث تكون المستقبلات اللمسية - قرون الاستشعار، الشوارب... - معقدة بشكل عام. بفضل هذه الأخيرة، يتمكن الأفراد من تحديد موقع الفريسة.

من أجل تنقية الاتصال بزيادة كمية المعلومات المنقولة، غالباً ما تتحاور الحيوانات بطريقة تمزج فيها الإشارات اللمسية والبصرية والصوتية. إنها الحال في رقصة النحل، وهو سلوك متكلف يسمح لنحلة من العاملات بإبلاغ رفاقها في القفير عن طبيعة الطعام المكتشف وكذلك عن الاتجاه الواجب اتباعه للوصول إلى هذا الطعام. فالنحلة التي ترقص ترسل في الوقت عينه أصواتاً وروائح، لكنها قبل كل شيء تذيع معلوماتها بفضل حركتها، لأن النحلات الأخرى تتبعها أثناء ملامستها لها. إذا كان الطعام موجوداً على مسافة أقل من 50 متراً، فإن النحلة العاملة تتم دورة كاملة أثناء تطوافها وتغييرها للوجهة في كل دورة. كما أنها تتجشأ الرحيق لتذيقه إلى زميلاتها. لكن النحلة لا تشير إلى الاتجاه الواجب اتباعه. في المقابل، عندما يكون الطعام موجوداً على مسافة تتجاوز الـ 50 متراً، فإن النحلة العاملة ترسم شكل 8 وهي تطوف على المساحة العمودية لفرع في القفير. فترسم أولاً خطاً مستقيماً قصيراً وهي تهز بطنها بقوة، ثم ترسم نصف دائرة باتجاه اليمين لتعود إلى نقطة انطلاقها وتهتز من جديد. بعد ذلك تتم النحلة رسم شكل «8» بنصف دائرة نحو اليسار، وتعيد رقصة السربندة هذه. إن الزاوية المؤلفة من الخط المستقيم بالنسبة للخط العمودي هي التي تحدد الاتجاه الواجب اتباعه بالنسبة للشمس. على سبيل المثال، إذا كان وسط الـ«8» والخط العمودي يشكلان زاوية 30 درجة نحو اليسار، فإن النحلات العاملات سوف يذهبن للبحث عن الرحيق على زاوية 30 درجة إلى يسار الشمس في المسطح الأفقي. إضافة إلى ذلك، كلما كانت الاهتزازات بطيئة، دلّ ذلك على أن الطعام موجود على مسافة أبعد. ■





بإلصاقها قرون الاستشعار المزودة بها، تتمكن النملة من التحادث مع مثيلاتها بفضل لغة كيماوية. أما النحل، فإنه يتصل ببعضه مستعملاً كل الطرق. وهي تخبر خاصة بقية أفراد القفير بمآثرها بواسطة رقصة اهتزازية.

أرقام

- تغطي أنثى فراشة الأرفية المتعرجة منطقة طولها 4 000م وعرضها 200م بإفرازها مادة البومبيكول وهي فيرومون يجتذب الذكور.
- إذا هزّت النحلة بطنها، خلال رقصتها، بتردد 40 اهتزازة في الثانية، فذلك يعني أن الطعام موجود على مسافة تقارب المئة متر. وإذا ارتجفت بتردد 18 اهتزازة في الثانية، فذلك يعني وجوب البحث عن الطعام على مسافة 1 كلم تقريباً.
- بفضل «غنائه» المتقن إلى حد بعيد، يتمكن الحوت ذو الحدبة من الاتصال حتى مسافة تتجاوز 180 كلم.

هل تعلم؟

يتميز العنكبوت برؤية سيئة. وهو يستعمل إشارات لمسية للاتصال. فعندما يسعى الذكر للبحث عن أنثاه في البيت، فإنه يتبع طقوساً معقّدة من قرط الخيوط. وهو يصدر بهذه الطريقة اهتزازات مختلفة عن تلك التي تحدثها فريسة. إنها وسيلة جيدة لإظهار حضوره وتمييزه عن الفريسة.

توضيح

إن نظام الاتصال بين البشر هو دقيق للغاية بفضل اللغة. على غرار حيوانات أخرى عديدة، يتصل البشر فيما بينهم بواسطة الإيماءات والوضعيات الجسمية. إضافة إلى ذلك، تمكنت باحثة في جامعة شيكاغو من إثبات وجود الفيرومون لدى البشر. وهكذا، فإننا نتبادل معلومات بكل الطرق المستعملة في مملكة الحيوان.



التفاعلات الاجتماعية

العلاقات بين أفراد من النوع نفسه



■ وحيدون أو ضمن جماعات

تعلق البنية الاجتماعية لنوع معين، إلى حد عيد، بالبيئة التي ينمو فيها. ففي أفريقيا، ـثلاً، عصافير أبو نسّاج التي تعيش في لغابات هي آكلات الحشرات. تتغذى بشكل نفرد كما أنها أحادية الزواج وهي تخبئ عشاشها. في المقابل، تذهب عصافير أبو سّاج السافانا ضمن جماعات لتبحث عن لحبوب التي تشكل طعامها، وهي تسكن شكل مستعمرات في الأشجار المنعزلة التي بني فيها أعشاشاً كبيرة ظاهرة. فضلاً عن لك، تكون هذه الطيور متعددة الزواج بشكل ام. تعود هذه الفوارق في البنية الاجتماعية شكل رئيسي إلى وفرة الحشرات في الغابة إلى ندرة الأشجار في السباسب (السافانا أو لسهول الكثيرة العشب).



■ استراتيجية ألفا

غالباً ما تتنظم المجموعة وفقاً لمراتب اجتماعية. في كل رهط لدى الذئاب، مثلاً، تتشكل تراتبية ذكور وأخرى إناث، يحتل الصف الأمامي فيها الأفراد المسيطرون ويعرفون بالألفا. تدير الأنثى المسيطرة تزاوج رفيقاتها. وعندما تتوفر الموارد بغزارة، تتزاوج هي مع الذكر ألفا وتسمح لبقية الإناث بفعل ذلك. لكن، في فترات القحط، فإنها تمنع رفيقاتها من التوالد لتؤمن لصغارها كمية كافية من الطعام.



■ تسوية النزاعات

نادراً ما تكون المواجهة خطرة بين فردين يتنافسان على مورد معين. في أغلب الأحيان، يقوم الخصمان، وفقاً للعادة المتبعة في المعركة، بالتهديد أكثر من الهجوم. يأخذان وضعيات جسمية ويطلقان أصواتاً مخيفة فيرعب الفرد خصمه بالنظرة فقط، ويوقف وبره كي يظهر أكثر ضخامة، إلى أن ينتهي الأمر بأحد الخصمين بالخضوع. غير أن المواجهات بين الذكور من أجل الاستيلاء على أرض أو بين الإناث، تؤدي أحياناً إلى معارك عنيفة إلى حد ما لدى آكلات الأعشاب الكبيرة (كما يظهر في الصورة بين النو وهي جنس حيوانات من بقر الوحش)، ولدى الرئيسات أو لدى بعض أنواع الكواسر (أسود، فيلة البحر).

■ من الثنائي إلى المجتمع

يمكن تحديد السلوك الاجتماعي كمجموعة العلاقات المتبادلة التي يقيمها فردان أو عدة أفراد من النوع نفسه. غالباً ما تكون مخاطر اندلاع نزاع مرتفعة، وبشكل رئيسي بهدف الوصول إلى الموارد أو إلى التوالد. في الواقع، لا تكون فترات الوفرة متاحة دائماً، كما أن الإناث الفتية والسليمة القليلة العدد تثير الشهوات. لكن الروابط الاجتماعية تؤدي، في بعض الحالات، إلى تعاون بين الأفراد، يظهر بشكل تجمع أو حتى عيش في مجموعة. تشكل العائلة أصغر بنية اجتماعية.





المجتمعات الحيوانية

جماعات، عائلات وقبائل

إن للحياة في المجتمع منافع عديدة لبعض الأنواع. يسمح تقاسم الأعمال للحيوانات بأن تكون أكثر فعالية فتحسّن بذلك بقاءها على قيد الحياة وتوالدها داخل المجموعة.



في بعض قرى النمل، وهي تمثل شعار المجتمع الحيواني، يختلف شكل الأفراد فيما بينهم بغية تأمين المهمات النوعية المنوطة بكل فرد. كما أن حياة الجماعة متقدمة كثيراً لدرجة يبدو معها الأفراد وكأنهم مجرد أعضاء في جهاز ضخم.

مع جنودها، وعاملاتها العقيمة وملكتها المنتجة للبيض، تبقى قرية النمل النموذج الأمثل للمجتمع الحيواني حيث يبدو فيه تقاسم الأعمال مفيداً لكل فرد. غير أن كل مراحل التعقيد الاجتماعي تقريباً يمكن إيجادها في مملكة الحيوان. وفقاً للنوع والوسط، يعيش الأفراد بشكل متوحد، أو ضمن عائلات يمكن أن تضم أولاداً من أجيال عديدة، أو تعيش في خدور يحكمها ذكر وحيد، أو مجتمعات «متعددة الذكور» حيث تسود تراتبية صارمة، أو في مجموعات تديرها أنثى... في قرى النمل، وقفران النحل وأوكار الأرض، تكون حياة الجماعة متقدمة كثيراً لدرجة يبدو معها الأفراد وكأنهم مجرد أعضاء في جهاز ضخم. وعلى العكس، لا تعتبر قطعان الحافريّات الكبيرة، ومستعمرات الطيور المهاجرة أو أسراب السمك مجتمعات حقيقية. فهذه التجمعات القطيعية تنعقد وتنحل على وتيرة التنقلات والأحداث الفصلية. لكن هذا لا يمنع الحيوانات من أن تطوّر أحياناً روابط وثيقة، على غرار الطيور البحرية التي تعرف بالطراسيح، التي تضع صغارها في «دار حضانة» واحدة لمكافحة البرد.

يمكن للحياة في الجماعة ان تنتظم بكل بساطة حول بنية عائلية. وهكذا يظل

يشكّل الأفراد في قرية النمل نوعاً من جهاز تعاوني ضخم.

الأبناء الأكبر سناً في بعض العائلات قرب الأهل لفترة من الزمن. فيقومون بمساعدة الأهل في بناء العش (لدى الطيور)، وفي الدفاع عن الأرض وعن الأفراد الأصغر سناً، وفي المساهمة في البحث عن الطعام. وإذا كان هؤلاء «المساعدون» لا يذهبون للتوالد، فذلك لأن كل مواقع التوالد تكون غير شاغرة. ينبغي عليهم أن ينتظروا شغور أحد المواقع كي يتوالدوا بدورهم. لقد تبنت بعض الثدييات، مثل ابن آوى، سلوكاً مماثلاً. في المجتمعات العائلية الأكثر اتساعاً، حيث يتعايش عدة متوالدين، تبقى الإناث مع مجموعتها المولدية. غالباً ما يتم استبعاد الذكور قبل بلوغهم مرحلة النضج الجنسي، فيتركون عائلتهم للاندماج في مجموعات اجتماعية أخرى. يوجد نوع آخر من البنيات الاجتماعية يجمع في القابل أفراداً لا رابط عائلي



إن أسراب السمك، كما تبدو هنا هذه الأسماك - الفراشات، تنعقد وتنحل تبعاً لبعض الأحداث الفصلية، وهي لا تشكل مجتمعات حيوانية حقيقية.

بينهم، يتجمعون حول الموارد نفسها. يولد من هذا التقارب سلوك تعاوني مع هدف مشترك: حماية الثروات. في هذه المجموعات، يمكن لبعض الحيوانات البالغة مثلاً أن تحمي أماكن التوالد، في حين أن حيوانات أخرى تبحث عن القوت للقطيع. لدى بعض الخفافيش، تقوم مستعمرات ثابتة من الإناث لا رابط نسب بينها بالدفاع عن أرض الصيد المشتركة، مما يدفعها إلى تجميع صغارها في «دار حضانة» واحدة وتربيتها معاً. وإذا لم تلد إلا صغيراً واحداً، فإنها تُرضع أحياناً عدة صغار.

يترتب على السلوك الاجتماعي فوائد أكيدة. بشكل إجمالي، يبقى الأفراد من النوع نفسه الذين يعيشون في مجموعة على قيد الحياة أكثر من الأفراد الذين يعيشون منعزلين ويتوالدون أكثر من الفئة الأخيرة. بهذه الطريقة، تحسّن بعض الحيوانات فرصها بإيجاد طعام. يسمح الصيد الجماعي بالتقاط فرائس أكثر ضخامة لفرد واحد. وفي مجال التوالد، يجد الذكور والإناث في ذلك منافع مختلفة: يزيد الذكور فرص نجاحهم بالتوالد وذلك بالتزاوج مع عدة شريكات، في حين أن الإناث يمكن أن تكون أكثر تشدداً في اختيار شريكها. لكن الحياة ضمن المجموعة لها سيئاتها، خاصة في مجال التعرض للأمراض والطفيليات.

هناك فائدة أخرى، تدافع الحيوانات عن نفسها بشكل أفضل ضد الحيوانات الكاسرة عندما تعيش ضمن مجموعة، حتى ولو أدّى ذلك إلى جعلها أكثر تعرضاً للكشف. فإذا هوجمت ثيران المسك من قبل الذئاب فإنها تشكل دائرة متراصة. تعمد الحيوانات البالغة الموجودة في الجهة الخارجية إلى حماية الحيوانات الصغيرة الموجودة في المركز وذلك بإقامة حاجز من القرون يتعذّر اجتيازه. خلال تنقلاتها في السهول الكثيرة العشب (السافانا)، تتبنى قطعان القِردَح تنظيماً مشابهاً. لقد اختارت الحيوانات التي تعيش في أوساط مفتوحة في أغلب الأحيان، الحياة في مجموعة، بسبب تعرضها الشديد لمخاطر الحيوانات المفترسة، في حين لدى الكثير من الأنواع في الغابات، تكون البنيات الاجتماعية أكثر صغراً، وحتى غير موجودة أحياناً. وهكذا تعيش الرئيسات ساكنات الأشجار مثل قردة الذيّال أو قردة الليموريات بشكل ثنائي وتذهب وحيدة للبحث عن الطعام. بشكل عام، لدى الرئيسات التي اختارت الحياة في مجموعة، يكون حجم المجموعة أصغر لدى ساكنات الأشجار وأكبر لدى الحيوانات التي تبقى على الأرض. إن البنيات الاجتماعية هي إذن شديدة الارتباط بالبيئة التي تنمو فيها الحيوانات. ■

توضيح

إذا كان السلوك الاجتماعي للحيوانات يبدو كثير التأثر بالبيئة، فإن باحثين أميركيين وسويسريين يؤكدون بأن التنظيم الاجتماعي للنمل هو تحت المراقبة الجينية. فقد اكتشفوا لدى النمل الناري جينات يبدو أنها تحدد بعض ميزات الملكة وتكيف استراتيجية توالدها، حتى في أساس نوع المجتمع الذي سوف يسود في قرية النمل.

هل تعلم؟

تدار المجتمعات التي يتعايش فيها عدة ذكور بتدرج صارم الى حد ما. يملك القائد عدة ميزات، خاصة لدى الإناث، وعندما لا يتمكن بعض الذكور من مواجهته في مبارزة، فإنهم لا يترددون في نسج تحالفات. بهدف مهر حلفهم، فإنهم يتبادلون ملذات جنسية. إن الأحادية الجنسية المنتشرة كثيراً لدى الرئيسات، تؤدي وظائف اجتماعية عديدة. إنها تكبح هجومية الأفراد بشكل خاص، فتساهم في استقرار القبيلة.



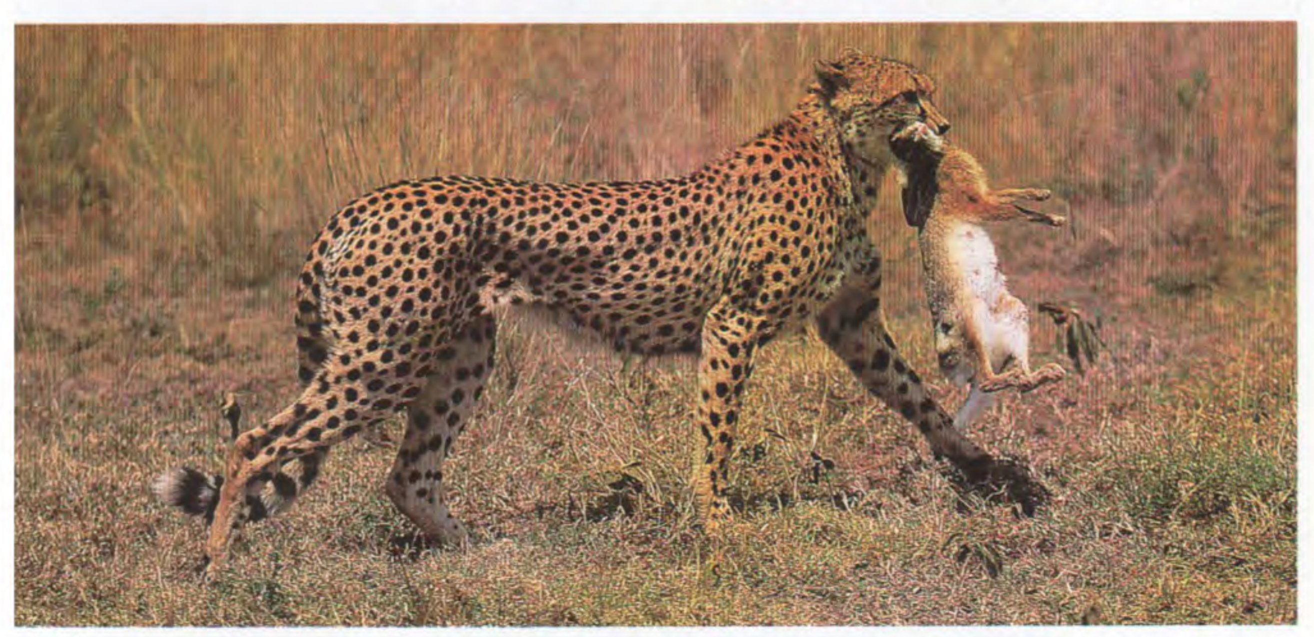
خلال تنقلاتها بشكل جماعي في السهول الكثيرة العشب (السافانا) يتعرض سعادين القُردُح بشكل خاص إلى الحيوانات المفترسة. يمكث الذكور على الحدود الخارجية للقطيع، استعداداً للمواجهة، في حين يبقى الإناث والصغار في الداخل.



التغذّي من الآخر

الافتراس والطفيلية

أكْلُ الآخر أو التعرّض للأكل من الآخر: هذا هو بلا شك الرابط الأقوى الذي يجمع الكائنات الحيّة التي تعيش في الوسط نفسه. لقد طوّرت الكائنات الحيّة عدداً غير متناه من الوسائل لأكل كائنات حيّة أخرى... أو لتجنب أن تتعرض هي نفسها للأكل من قِبل الكائنات الحيّة الأخرى!



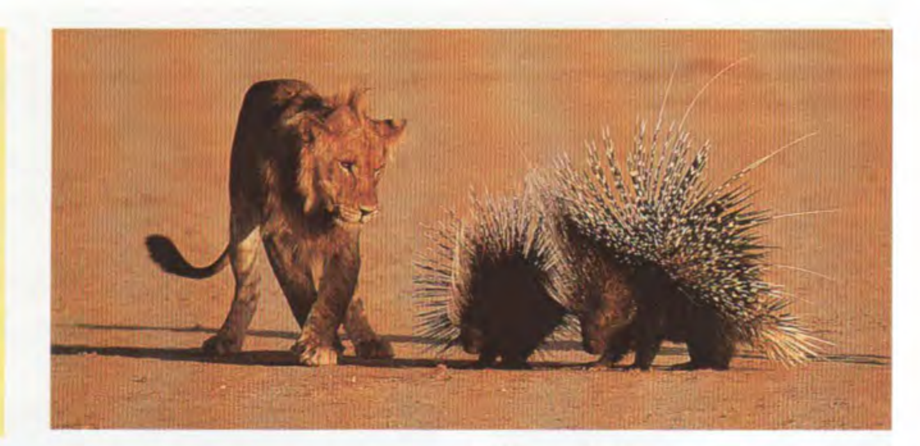
في إطار العلاقات بين الفريسة والكواسر، يتعلق استقرار نظام بيئي معيّن على توازن دقيق بين معدل اقتطاع الكواسر ومعدل توالد الفرائس. لكن النظام ليس ثابتاً، تتبدل أعداد الفرائس والكواسر عامة بشكل دوري.

حتى ولو أن بعض الأنواع الحيوانية تقتات من المواد العضوية الميتة (بقايا نباتات، جثث، براز، إلخ...)، فإن غالبيتها تتغذى من الكائنات الحية. تستهلك آكلات الأعشاب النباتات التي هي كائنات حية غير متحركة. تكمن الصعوبة الوحيدة إذن في البحث عن الطعام وفي اكتساب الأعضاء الضرورية للاستدلال عليه وجنيه وهضمه. تقتل الكواسر حيوانات أخرى وتلتهمها. إن الأسود والحيتان والذئاب وأسماك المورة هي كواسر، وهذه هي الحال أيضاً بالنسبة لزنابير عديدة وصلبان البحر وحتى بلح البحر الذي يصفي ماء البحر لالتقاط الكائنات الحيّة الحيوانية الصغيرة جداً من البلانكتون (عوالق بحرية).

يستلزم أكل الفرائس وسائل متكلفة للاستدلال عليها والتقاطها.

تجعل ضرورة القبض على فرائس متحركة عملية الافتراس قسرية للغاية. خاصة وأن الفرائس، من جهتها، تمتلك استراتيجيات عديدة للدفاع ولتجنب أعدائها. في نظام بيئي معين، يفرض إذن، بقاء مجموعات الفرائس والكواسر على قيد الحياة، وجود توازن كامل بين قدرة الفرائس على التوالد ومعدل استهلاكها من قبل الكواسر.

إن الطريقة التي يقبض فيها حيوان كاسر على فريسته تتأثر بشكل كبير بحجم الكائنات الحية. وهكذا تبتلع الحيتان، التي تعتبر أكبر الكواسر على الأرض، كميات ضخمة من الفرائس الصغيرة جداً (الكريل)، وذلك بتصفيتها من الماء. في المقابل، عندما يكون الحيوان الكاسر أكبر بقليل من فريسته، مثل الأسد أو الغزال، لا يقبض الكاسر إلا على فريسة واحدة كل مرة. يمثل التطفل شكلاً آخرَ من أشكال التغذي بالحيوانات الحيّة. تتغذى الطفيليات على حساب نوع «ضحية» يعرف بالمُضيف، دون قتله بالضرورة. تكون الطفيليات عادة أصغر بكثير من



تتطور الفرائس والحيوانات الكبيرة معاً. والسبب أن الفرائس تقيم، خلال مراحل التطور، استراتيجيات دفاع، للتصدي لهجمات الكواسر. وبدورها تضطر هذه الأخيرة للتطور بغية الالتفاف حول هذه الدفاعات.



لقد اختارت سمكة هلّوق البحر الرمادية هذه تجنب الكواسر التي تهددها. وهل لديها طريقة اخرى أفضل من التمويه؟

مضيفها، ويمكنها أن تعيش وهي معلّقة عليه، مثل القرادات، أو داخل جسمه مثل الدودة الوحيدة.

لا تحتاج الطفيليات غالباً إلا لفريسة واحدة طوال حياتها، ويكمل معظمها تقريباً، مجمل دورته البيولوجية في الفريسة نفسها. غالباً ما تختار الأنثى فريستها، عند وضع البيض. فإذا كان المضيف مزوداً بالدفاعات لمكافحة الحيوانات البالغة، فقلّما تتمكن من إتلاف بيضها. حتى يتمكن طفيلي من إصابة جسم مضيف جديد والبقاء فيه على قيد الحياة والتوالد فيه، ينبغي عليه أن لا يقتله، أو أن لا يقتله بسرعة كبيرة: لا يجب عليه إذن أن يكون فتاكاً للغاية، خاصة إذا كان يستخدم «وسيلة نقل» (تسمى مُضيف وسيط) للوصول إلى هدفه. إنها الحال بالنسبة للعامل المسبب الملاريا بلاسموديوم فالسيباروم، الذي «يستقر» داخل ناموسة ويغتنم لسعتها لاجتياح

إن أعداد الكواسر والفرائس مترابطة.

مضيفه النهائي، أي الإنسان. في المقابل، إن الطفيليات القادرة على البقاء على قيد الحياة في الماء والتي تتوالد بسرعة كبيرة، لا تتأثر كثيراً بموت ضحيتها. لذلك لم تكن هذه الكائنات الحية بحاجة للتطور نحو قدر أقل من الحدة حتى يتمكن نوعها من البقاء حياً. إنه الحال بالنسبة للعوامل المسبّبة للأمراض الفجائية مثل الكوليرا أو الإسهال التي تنتقل بالماء.

لمواجهة هجمات الكواسر، طوّرت الفرائس وسائل تكيف متعددة. فالنباتات تدافع عن نفسها بفضل وبر أو أشواك، أو بإنتاجها مواد كيماوية سامة، تجعلها مضرّة أو عسرة الهضم. تمتلك حيوانات عديدة وسائل دفاع مماثلة، وتكون عادة ملونة جداً: تشكّل إمكانية رؤية هذه الحيوانات من قبل الأنواع التي قد تسعى لالتهامها إشارة خطر حقيقية. اتبعت أنواع أخرى، في المقابل، طريقة التكيفية. فهي تتموّه في بيئتها، وتأخذ هيئة حيوانات خطرة أو أكبر حجماً، وتتشابه مع أشياء لا تؤكل أو حتى مع أشياء سامة.

تمارس الفرائس (أو الحيوانات المضيفة) إذن ضغوط انتقاء شديدة على الكواسر (أو الطفيليات)، والعكس بالعكس. على المدى القصير، تؤثر هذه العلاقات بين الفرائس والكواسر على ديموغرافيتها وبالتالي على توالدها. وهكذا تستهلك الكواسر فرائسها لدرجة تقلل معها أعدادها بشكل ملموس. وعندما يصبح من الصعب على الكواسر إيجاد الطعام فتتوالد بشكل أقل والبعض منها يهاجر أو يموت. يسمح انخفاض عدد الكواسر للفرائس بزيادة عددها من جديد. وهو تزايد يسمح لاحقاً لمجموعات الكواسر بالتغذي بدورها. يتبدل أعداد الفرائس والكواسر عامة بشكل دوري. ■

هل تعلم؟

إذا كان أكل لحم الإنسان، الذي يوفر عناصر مغذية مهمة، قليل الانتشار في مملكة الحيوان، فلأنه يسبّب الأمراض! بما أن الكواسر وفرائسها قريبة للغاية من بعضها، فإنها شديدة الحساسية إزاء نفس العوامل المسبّبة للمرض، لدرجة أنها تنقل الأمراض فيما بينها من جراء تناهشها.

توضيح

كيف يمكن مكافحة داء الليشمانيات، وهو مرض يصيب مئات الآلاف من الأشخاص كل عام وقد يكون مميتاً؟ يجب التصدّي لإناث السكّيت، وهي حشرات تنقل طفيليات الليشمانيا دونوفاني شاغازي، المسببة للمرض. بغية الوصول إليها، صنع الباحثون اليابانيون والأميركيون فخاً. أما الطعم فهو يتكوّن من فيرومونات ذكرية نجح رجال العلم في تركيبها. تجذب هذه «الروائح الجنسية» الإناث التي تتجمع بأعداد كبيرة في مكان اللقاء.



العلاقات بين الأنواع

من النزاع إلى التحالف

إن العلاقات بين الكائنات الحيّة التي تسكن الموئل نفسه هي معقّدة للغاية. فهذه الكائنات تتناهش، تتنازع وتتقاتل، أو، على العكس، تختار أن تتعاون. يجب على الفرائس والكواسر أن تجد توازناً.



إذا كانت سمكة الشيق هذه لا تلتهم الجمبري، فلأنها تستفيد من وجوده. في هذا التجمع التعاوني، يقوم الجمبري بوظيفة المنظف: فهو يتغذى من الطفيليات التي تعيش على ظهر السمكة الكبيرة.

تنسج الكائنات الحيّة التي تتقاسم الموئل نفسه علاقات معقدة فيما بينها. ففي غابة أو في بركة، تجاهد الكائنات الحية لاستغلال الموارد. وغالباً ما ينشأ تنافس بين الأنواع. تتنازع البومة الصمعاء، والعقاب والثعلب على فأرة الحقل. وإذا كانت الفريسة أكثر معاناة بسبب هذا التنافس، فإن هذه الظاهرة تؤثر كذلك على الكواسر. فعندما تصبح الكواسر كثيرة العدد، لن يبقى أمام الثعالب ما تأكله مما يؤدي إلى نقصان عددها. في هذا النوع من التفاعل، يتعرض أحد أبطاله إلى إجحاف. لكن ليس هذا حال كل العلاقات بين الأنواع.

يمكن للمنافسة داخل مجموعة أن تأخذ أشكالاً متنوعة. فعندما تؤدي مباشرة إلى النزاع، تكون منافسة بالتداخل. وإذا نشأت بسبب استعمال الموارد فقط، تكون منافسة بالاستغلال. كلما زادت كثافة كل مجموعة سكانية، نقص وصول كل فرد إلى الموارد، وبالتالي ترتفع معدلات الوفيات وتنخفض معدلات الولادات، أو أن البعض ينتهي به الأمر إلى الهجرة، أمام انتشار القحط. في الحالة الأولى كما في الحالة الأخرى، يتقلص عديد المجموعة. يمكن أحياناً لنوع يتنافس مع أنواع أخرى أن يختفي لصالح أخصامه. فأكل فأرة الحقل من قبل البومة الصمعاء والعقبان يمكن أن يؤدي محلياً إلى اختفاء الثعالب، التي لا تجد ما تقتات به. إنه مبدأ الاستبعاد التنافسي.

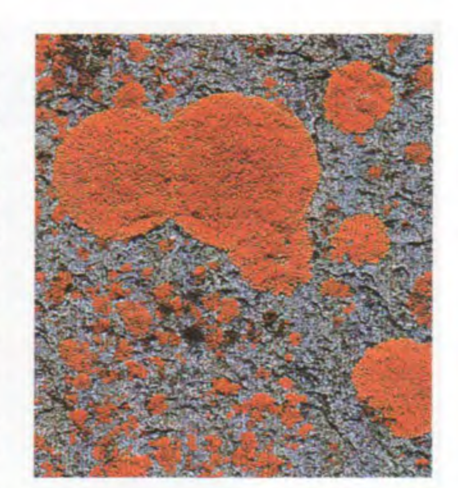
كما أنه يمكن لكائن حي أن يستفيد من تفاعل مع كائن حي آخر دون أن يعاني هذا الأخير. هذا ما يعرف بالراشنية. وإذا ظهر أن المنافسة تسود بين الأجناس التي لا تتناهش مباشرة فيما بينها، تكون الراشنية أكثر ندرة. والتجمع بين مالك الحزين الكركي والمواشي هو مثل جيد على ذلك. فإذا تبع البقريات أو إذا حط

غالباً ما تكون الأنواع الموجودة في الوسط نفسه في حالة تنافس بسبب الموارد.

على ظهورها، يتغذى الطائر بالحشرات العديدة التي تعيش على مقربة من الحيوان المجتر. فالثور، الذي لن يتخلص بهذه الطريقة تماماً من ذباباته التي لا تحصى، لا يتعرض إلى أي ضرر من قبل الطيور طويلات الساق.

في بعض الحالات تكون العلاقة مفيدة للنوعين: وتوصف بالعلاقة التعاونية. يمكن أن يكون المقصود علاقة اختيارية، مثل العلاقة التي تجمع قنديل البحر والسرطان الناسك. بمجرد تثبّته على الصدفة التي تأوي الحيوان القشري، ينتفع شقار البحر من وسيلة نقل، ويستفيد من بقايا طعام شريكه الذي يمتلك من جهته وسيلة ردع فعالة بفضل تاج المجسّات السامة الموجود عند شقار البحر.

إن علاقات التعاون المتبادل بين النباتات



ينتج حزّاز الصخر أو الأشنة، الذي يعيش هنا على صخرة، من تجمع خاص ووثيق جداً بين فطور وطحالب خضراء مجهرية.

الأرضية والحيوانات عديدة. فالحيوانات تسهّل تكاثر النباتات بنثرها للقاحها أو لبزورها. أما النباتات، من جهتها، فتمد الحيوانات بعناصر يمكن أكلها (رحيق، لقاح، بزور، فاكهة).

إن التعاون الأكثر إثارة للدهشة يجمع حيوانات فيما بينها. «يحلب» النمل الأرقة لاستخراج عسل سكري ويحميها في المقابل من الكواسر التي تهددها مثل الزنابير والدعاسيق. تتغذى بعض الأسماك والجنبري في الشعب المرجانية من الطفيليات التي تعيش على الأسماك الأكثر ضخامة. تبدو فائدة هذا التفاعل فورية للنوعين. غير أن هذه المنظفات تشكل فرائس كامنة. ولكن، بقوة تجمعها، فإنها لا تتردد أبداً بالدخول إلى فم كواسرها المحتملة.

إن العلاقة التعاونية الأهم هي التي تجمع البكتيريا والنباتات. تثبت بكتيريا عديدة في الأرض، إما الأزوت الغازي الموجود في الجو، وإما الأزوت العضوي (أزوت البراز، الجثث، إلخ..) وتحوّله إلى أملاح معدنية (نيترات)، وهذا هو المصدر الوحيد للأزوت الذي يمكن للنباتات أن تمثله مباشرة. عندما تموت النباتات، فإنها تساهم من جهتها بتغذية الأرض بالأزوت العضوي الذي سوف يمكن للبكتيريا أن تستعمله. المقصود هنا إذن منفعة متبادلة. بعض هذه البكتيريا، مثل الريزوبيوم (بكتيريا عصوية الشكل)، تعيش حصرياً في انتفاخات (درنات أزوتية) جذور النباتات. وهي تمدها بالأزوت الضروري لها وتتلقى منها في المقابل العناصر المغذية. يسمى هذا النوع من العلاقة «الاندماجية» بالتكافل. هناك بكتيريا أخرى تعيش بالتكافل في القناة الهضمية للأبقار وتسمح لها بتمثيل السلولوز، وهو المكون الرئيسي للنباتات، ويصعب هضمه بشكل خاص. كما أن حيوانات مستعمرة مثل المرجان تأوي طحالب أحادية الخلايا (زوكسانتل) قادرة على إجراء التركيب الضوئي. في المقابل، يغذي المرجان هذه الطحالب بالعناصر المغذية المستمدة من الفرائس الصغيرة جداً التي تلتقطها. ■

تعيش بكتيريا معينة في جذور نباتات عديدة.

هل تعلم؟

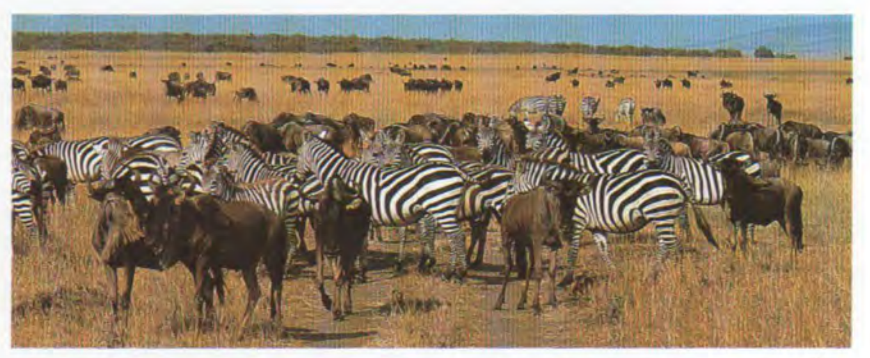
توجد عصافير أفريقية صغيرة، تُعرف بالمرشدة، لأنها تقود حيوانات الغريرات نحو قفران النحل. تملك هذه الطيور الأنزيمات القادرة على هضم شمع العسل، وهذا أمر نادر. ولكنها غير قادرة في الوصول لوحدها إلى أعشاش جانيات الرحيق الواقعة في تجويفات الأشجار. كما أن الطيور تحدد موقع العش وتنذر الحيوان الضرعي بصوت معين، ثم تنتظر أن يخرج هذا الأخير الشمع من العش ثم تقتات من بقايا الشمع والعسل. أحياناً تقود المرشدات آكلات ـ العسل الإنسان!



في هذه العلاقة الراشنية، لا يمنح المالك الحزين الكركي، الذي يتغذى من الحشرات الموجودة على ظهر الجاموسة، أي منفعة للحيوان المجتر.

توضيح

بعض الأنواع من القردة الصغيرة تحمي نفسها بشكل متبادل من الكواسر التي تهاجمها. هكذا يفعل القرد الذيال ديان والقرد الأسمر اللون اللذان يتقاسمان الأقسام المرتفعة من ظلّة الأشجار، ولكنهما يقتاتان على الأرض بشكل عام. أظهر باحثون ألمان بأنهما يحتميان كلاهما من العقبان والفهود وقرود الشامبانزي والإنسان. يسهر القرد الذيّال ويعطي الإنذار في حين أن القرد الأسمر اللون يخوض أحياناً المعركة مع العقبان.



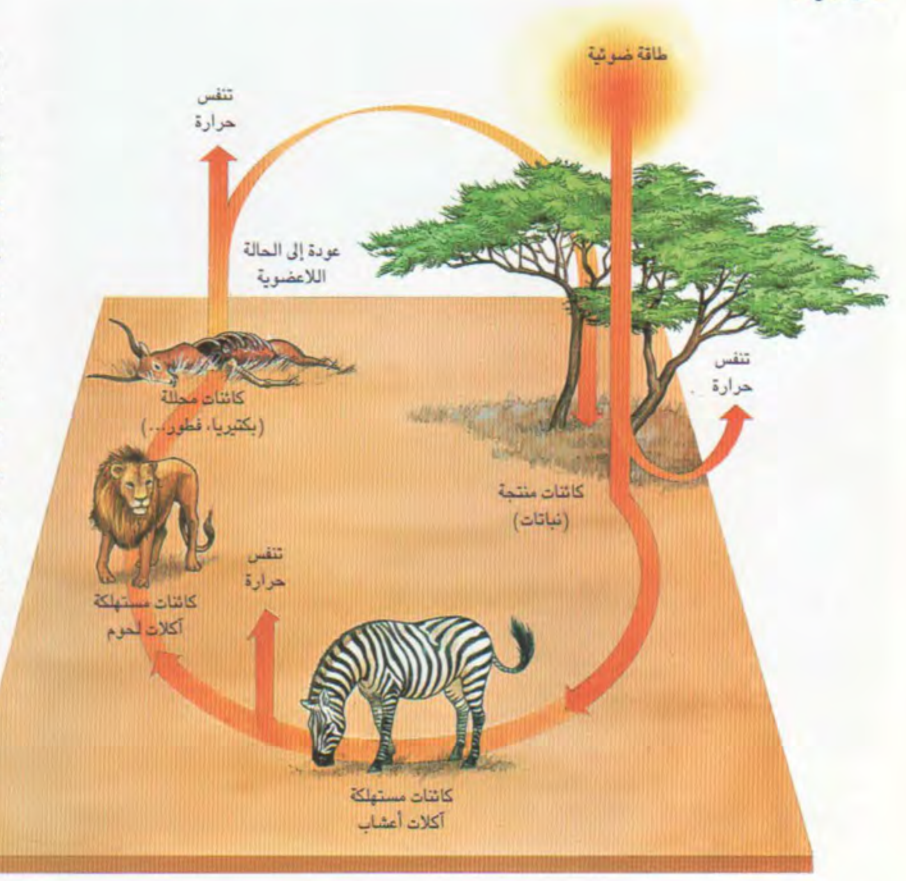
مع أنها تتقاسم السافانا نفسها، غير أن هذه الحمير الوحشية والنو (نوع من البقر الوحشي) تتنازع الموارد. هناك إذن علاقة تنافس تجمع النوعين.



علم البيئة

المحيط الحيوي في نظرة دقيقة

علم البيئة هو علم معقّد يدرس التفاعلات بين الكائنات الحيّة والبيئة المحيطة بها. حتى يتوصل هذا العلم إلى فهم وظائف كل الكائنات الحيّة، فإنه يعمد إلى التدقيق في كل درجات تنظيم الأحياء وإلى تجسيد دلائلها.



إن المعارف المتراكمة التي توصّل إليها رجال العلم تسمح لهم بوصف حلقات السلسلة الغذائية إضافة الى أوجه انتقال الطاقة في هذه الشبكة. تدخل الطاقة هنا بشكل ضوء وتخرج بشكل تنفس وحرارة.

علم البيئة هو العلم الذي يدرس العلاقات بين الكائنات الحيّة والوسط الذي تعيش فيه. يقع هذا العلم عند تقاطع علوم عديدة مثل علم الأحياء وعلم وظائف الأعضاء، وعلم الوراثة، وعلم الجغرافيا الحيوية، وعلم التطور... وهو علم ما زال حديث العهد، فقد أبصر النور حوالى عام 1930. غير أن عالم الأحياء الألماني أرنست هيكيل هو الذي أعطاه هذا الاسم منذ العام 1866.

يهتم علم البيئة بكل مستويات تنظيم الأحياء التي تتعدى الفرد. إنه يدرس الكائن الحي في بيئته، ويدرس كذلك النوع (مجموعة الكائنات الحية القادرة على التوالد فيما بينها)، والمجموعات السكانية (الأفراد من النوع نفسه ويسكنون الموطن نفسه)، والمجموعة البيئية (مختلف المجموعات السكانية التي تعيش في المكان نفسه)، والنظام البيئي (المجموعات البيئية ذات العلاقة مع المكونات الفيزيائية والكيماوية لبيئتها)، وأخيراً المحيط الحيوي، الذي يتكوّن من مجموع الأنظمة البيئية.

تخضع كل درجة من درجات الدراسة هذه إلى قوانين الفيزياء والكيمياء. وفي كلّ مرّة يتم تخطي درجة، تظهر خصائص جديدة. تنتج هذه «الخصائص البارزة» المختصة بالأحياء، عن التفاعلات بين مختلف مكونات هذه الدرجة.

عندما يدرس رجال العلم العلاقات التي يقيمها الأفراد مع وسطهم، فإنهم يدرسون ما يسمى بـ «البيئة الذاتية» (أو «وظائف البيئة»). إنهم يحللون سلوك كائن حي إزاء الضغوط التي تفرضها عليه بيئته، ويحاولون فهم كيفية تكيفه مع الوسط الذي يعيش فيه. إنهم يقدّرون بهذه الطريقة قدرته على البقاء حياً عندما تتغيّر الضغوط البيئية. لهذه الغاية، تسمح دراسات ميدانية، مقرونة بتجارب في المختبر، بتقدير بعض العوامل الجوهرية.

العامل المحدد هو عنصر جوهري في

يدرس علماء البيئة كيفية تكيّف الكائنات الحيّة مع ضغوط البيئة.

علم الوظائف البيئية، وهو يعني الثابتة الفيزيائية الكيماوية التي تمارس التأثير الأكثر فعالية على النوع موضوع

تفسير كلمات

- يدرس **علم الوظائف البيئية** وظائف كائن حي معين إزاء ضغوط بيئته. إنه يحدد إذن تكيّفه مع وسط معيّن.
- تدرس **ديناميكية المجموعات السكانية** بشكل خاص تغيرات عدد أفراد مجموعة معينة (ولادات ووفيات، مقدار العدد، عمر الأفراد...).
- **المرتع أو الموئل البيئي** لنوع معيّن يحدد تموضع أفراد هذا النوع في النظام البيئي إضافة إلى كل علاقاتهم مع البيئة.
- تتكوّن **الشبكة الغذائية** من مجموعة السلاسل الغذائية لنظام بيئي معيّن.

الدراسة. فإذا انخفضت إلى ما دون عتبة معينة أو، على العكس، إذا تعدّت عتبة معينة صعوداً، يميل عندئذ النوع إلى الاختفاء. على سبيل المثال، تشكل رطوبة الوسط في الصحارى عامة العامل الأكثر تحديداً. هناك مفهوم هام آخر، هو التكافؤ البيئي الذي يحدّد قدرة نوع ما على سكن أوساط مختلفة. إنه يتعلق إذن بالبيئات ولكن أيضاً بمختلف تكيفات الكائنات الحية مع هذه البيئات.

على المستوى التالي، يرغب علماء البيئة أيضاً في فهم وظيفة مجموعة سكانية معينة. لهذه الغاية، يقومون بقياس وتقدير تغييرات أعداد أفراد هذه المجموعات، على فترات زمنية كبيرة (ولادات ووفيات، عمر الأفراد، النسبة بين عدد الذكور والإناث...). يحاولون بعد ذلك الإحاطة إلى أفضل حد بـ «الموئل البيئي» لهذه المجموعة السكانية. يعني ذلك، مجموعة المقتضيات الغذائية وغيرها مما سوف يكيّف توزيع هذه المجموعة

تغطي سطح كوكب الأرض شبكة من السلاسل الغذائية.

مستقبلاً في مكان معيّن. حتى يتمكن نوعان من البقاء على قيد الحياة في المجال نفسه، ينبغي عليهما تقاسم الموارد. لهذا السبب، لا يسكنان عامة الموئل البيئي نفسه. لكن الموئل البيئي لمجموعة معينة هو دقيق التحديد، لأن الفوارق بين موئلين بيئيين تكون أحياناً زهيدة: يمكن عندئذٍ لنوعين أن يتقاسما موارد متماثلة، باستغلالها بكل بساطة في أوقات مختلفة من النهار (النوع الأول عند الفجر، والنوع الثاني في منتصف بعد الظهر مثلاً).

بمجرد إتمام هذا العمل، يدفع علماء البيئة ببحوثهم إلى أبعد من ذلك. يقومون بإعداد حصيلة طاقوية، بغية فهم الدور الذي تلعبه مجموعة معينة داخل النظام البيئي حيث تعيش. لهذه الغاية، يقيسون استهلاكها للأطعمة، سواء كمياً أو نوعياً، وكذلك إنتاجها للمادة العضوية (هذا ما يعرف بالكتلة الحيوية). تسمح لهم هذه المعارف، مضافة إلى معارف أخرى، بوصف الروابط الموجودة بين الكائنات الحيّة المستهلَكَة والكائنات الحية التي تستهلكها، أي حلقات السلسلة الغذائية. لكن قلما تستهلك الكائنات الحيّة نوعاً واحداً. لذلك فإن غالبيتها تساهم في عدة سلاسل غذائية، مشكّلة شبكة غذائية.

هذا التنظيم للكائنات الحيّة في شبكة، يسمح للأنظمة البيئية بحصر الاختلالات. على سبيل المثال، إذا نقصت فريسة معينة، يمكن لحيوان كاسر أن يوجه جهوده في مجال الصيد نحو نوع آخر. يبدو أن استقرار الأنظمة البيئية وتوازن المحيط الحيوي بأكمله يتعلقان بشكل وثيق بغناهما بالأنواع، أي بالتنوّع البيولوجي فيهما. يفترض الباحثون في الواقع أنه كلّما كان نظام بيئي فقيراً بالأنواع، كان هشاً. لكن نظراً لتعقيد الأنظمة البيئية، ما زالت تنقص البراهين المؤيدة لهذه النظرية حول التنوع البيئي. ■

هل تعلم؟

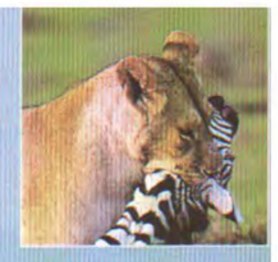
يفضل بعض علماء البيئة العلميين (écologues) أن يعرّف عنهم بـ (écologistes) لتمييزهم عن أنصار البيئة السياسيين. فعلم البيئة (العلمي) يأخذ كذلك بعين الاعتبار تأثير الكائنات البشرية على البيئة: ينتج المحيط الحيوي التقني عن تحويل المحيط الحيوي البدائي على يد الإنسان. إنه يشير كذلك إلى المحيط الحيوي الحديث حيث تظهر فيه غالبية المشاهد الطبيعية وقد تغيرت أو استبدلت بأنظمة بيئية زراعية، أو مدنية أو صناعية.

أرقام

- تبلغ الكتلة الحيوية الإجمالية للبشر حوالى 100 مليون طن. ويمكن أن تبلغ الكتلة الحيوية الإجمالية لبعض الأرجال من الجراد حوالى مليون طن.
- بمعدل وسطي لثلاث حالات حمل في العام تعطي كل حالة 7 صغار، يمكن لثنائي فئران أن ينجب نظرياً حوالى 000 600 حيوان قارض في 3 سنوات.
- لو أن التكاثر لم يكبح بقوة، لحسن الحظ، بسبب ظروف البيئة المحيطة ببكتيريا معينة، لتمكنت واحدة من هذه الأخيرة من إنجاب 10^{36} فرداً (1 بعده 36 صفراً) في أقل من خمسة ايام، ويساوي وزنها وزن المياه الموجودة في كل المحيطات.



حتى ولو كانت هذه الطيور تتقاسم الموطن نفسه، فإنها لا تسكن الموئل البيئي نفسه. يشير هذا التعبير في الواقع إلى كل العادات الحياتية للحيوان: نظام غذائي، أرض الصيد، أوقات النشاط... يسمح فارق واحد لهذه الأنواع المختلفة بالتعايش.



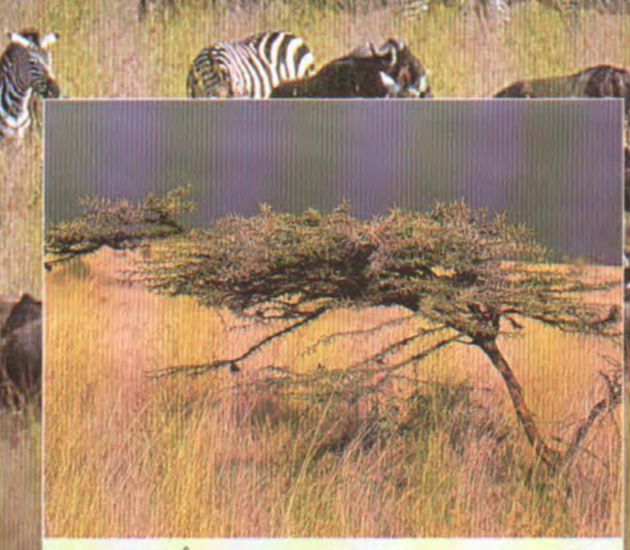
السافانا الأفريقية

مثل على النظام البيئي

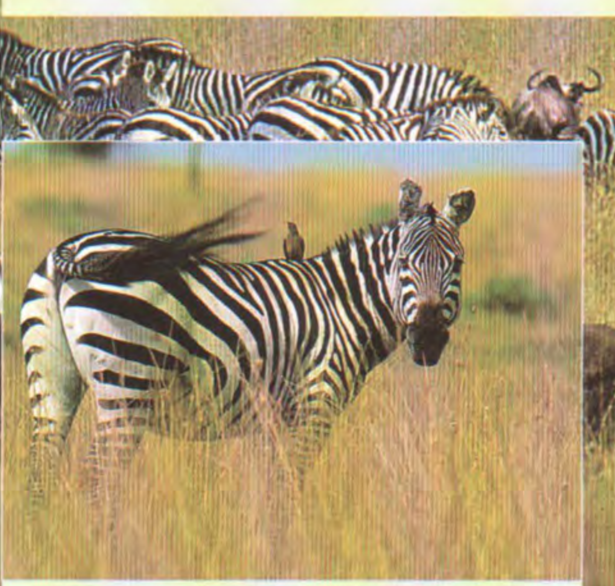
النظام البيئي هو اتحاد بين وحدة حياتية (مجموعة الكائنات الحية التي تسكن وسطاً معيناً) ومدى جغرافي (مجموعة العوامل الفيزيائية الكيماوية - ضوء، درجة حرارة، ماء، تربة، إلخ... الخاصة بهذا الوسط). يمكن اختصار النظام البيئي ببركة عادية أو بجذع شجرة. كما أنه يمكن أن يشكل مساحات واسعة مثل السافانا الأفريقية المشجّرة. كما في معظم الأنظمة البيئية، يغذي الإشعاع الشمسي نباتات السافانا (خاصة النجيليات) بالطاقة. هذه الكائنات الحيّة هي الفئة المنتجة: إنها تنتج بفضل التركيب الضوئي المادة العضوية التي سوف تقتات منها آكلات الأعشاب (الحمير الوحشية المخططة، النو) التي تشكل المرتبة الأولى من الفئة المستهلكة.
تعتبر الكواسر (الأسود، الضباع، أبناء آوى) الفئة المستهلكة من المرتبة الثانية. إن الحيوانات التي تأكل آكلات الأعشاب هي كواسر رئيسية يمكنها نفسها أن تشكل طعاماً لكواسر ثانوية. تلعب الكائنات الحيّة المجهرية والفطور دور الفئة المحللة. بتحليلها لبقايا النباتات أو الحيوانات الميتة، فإنها تعيد إلى النظام البيئي عناصر معدنية يمكن إعادة استعمالها من قبل النباتات. يشكل تعاقب المستويات هذا سلسلة غذائية، تُعرف كذلك بالشبكة الغذائية.
يسجل فقدان هام للطاقة عند كل مستوى من الشبكة، بحيث إن كتلة المادة الحية (أو الكتلة الحيوية)، تنخفض بشدة من مستوى إلى آخر. لا تستعمل النباتات إلا جزءاً ضعيفاً من الطاقة الضوئية ولا تحول إلا جزءاً من هذه الطاقة إلى مادة عضوية... أخيراً، تصرّف الحيوانات جزءاً كبيراً من هذه الطاقة في النظام البيئي بتنفسها وبإنتاجها الحرارة. لهذا السبب لا تحتوي السلاسل الغذائية بمعدل وسطي إلا على 5 أو 6 حلقات. ■

كائنات منتجة : نباتات (p)
كائنات مستهلِكة: آكلات الأعشاب (H)
آكلات اللحوم من الفصيلة الأولى (C1)
آكلات اللحوم من الفصيلة الثانية (C2)
كائنات محلّلة : بكتيريا، فطور... (D)

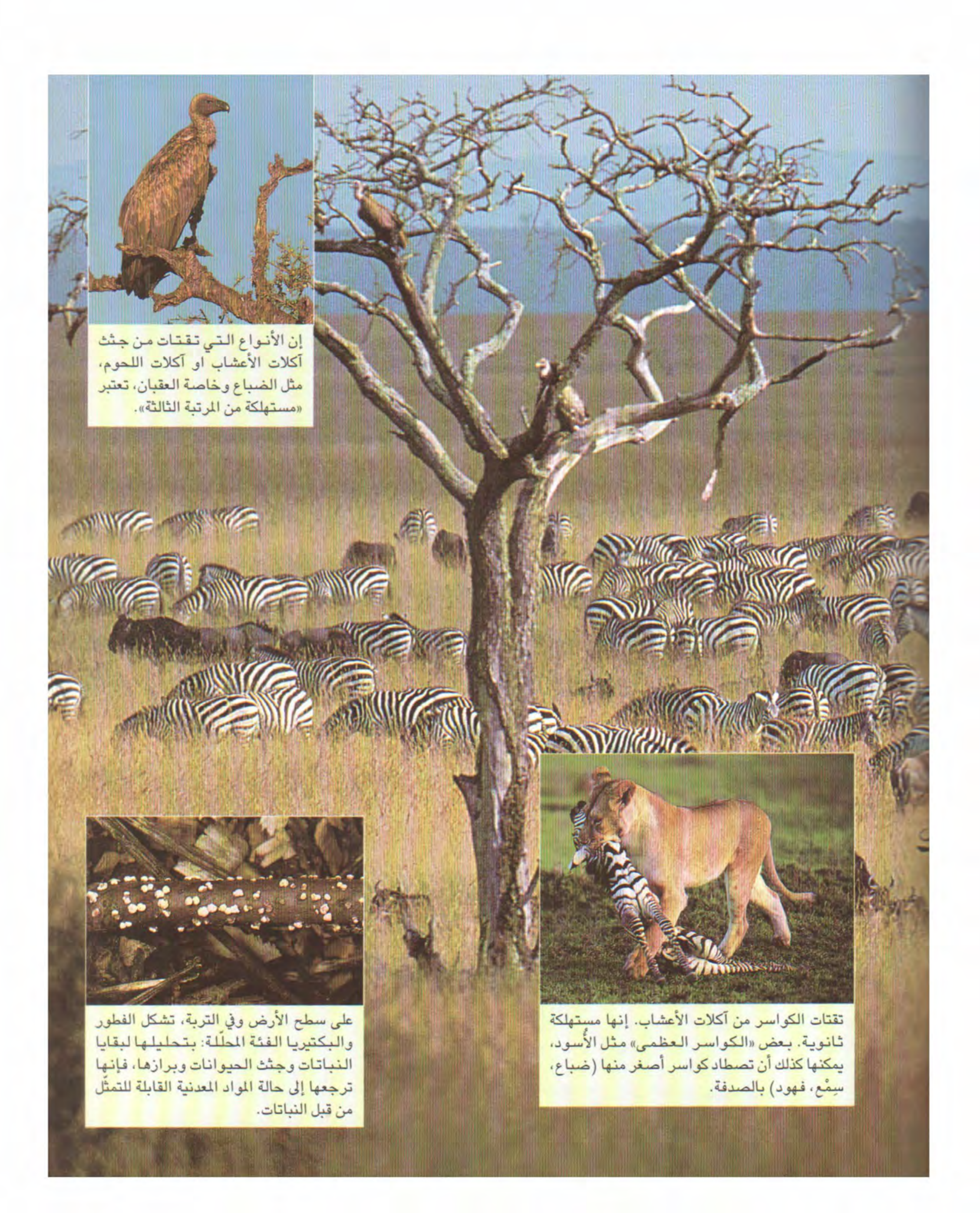
C2
C1
D
H
P



تتكوّن نباتات السافانا بشكل رئيسي من أعشاب كبيرة (نجيليات). هذه النباتات هي «الفئة المنتجة». إنها تتلقى الطاقة الضوئية وتستعملها لتحويل ثاني أوكسيد الكربون إلى مادة عضوية.



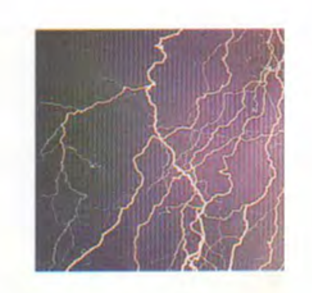
الحيوانات الكبيرة من فصيلة آكلات الأعشاب، مثل الحمير الوحشية المخططة أو النو، هي مستهلكة رئيسية. تقيم بعض الأنواع مع أنواع أخرى علاقات تعاون وثيقة إلى حد ما، مثل هذا النغاف الذي يخلّص مضيفه من طفيلياته.



إن الأنواع التي تقتات من جثث آكلات الأعشاب او آكلات اللحوم، مثل الضباع وخاصة العقبان، تعتبر «مستهلكة من المرتبة الثالثة».

تقتات الكواسر من آكلات الأعشاب. إنها مستهلكة ثانوية. بعض «الكواسر العظمى» مثل الأُسود، يمكنها كذلك أن تصطاد كواسر أصغر منها (ضباع، سِمْع، فهود) بالصدفة.

على سطح الأرض وفي التربة، تشكل الفطور والبكتيريا الفئة المحلّلة: بتحليلها لبقايا النباتات وجثث الحيوانات وبرازها، فإنها ترجعها إلى حالة المواد المعدنية القابلة للتمثّل من قبل النباتات.



المحيط الحيوي

عملية تدوير مستمرة

المحيط الحيوي هو مجموعة ضخمة تتحرك فيها العناصر الكيماوية الضرورية للأحياء. يندمج الكربون والأزوت والفوسفور بالمادة الحيّة، ثم تعاد هذه العناصر إلى الوسط، بنوع من التدوير المستمر.

يتحرك الكربون من كائن حي إلى كائن حي آخر على طول السلسلة الغذائية، بشكل غاز ثاني أوكسيد الكربون أو جزيئات بيولوجية. لكن القسم الأساسي من الكربون يركد، مثبتاً في الصخور والترسبات (الأرقام الواردة في الصورة هي بمليارات الأطنان).

إن لفظة «المحيط الحيوي»، الذي ابتكرها عالم الجيولوجيا النمساوي سوياس عام 1875 تعني في الأصل كل ما يكوّن عالم الأحياء. واتسع مضمونه لاحقاً لتشمل كذلك مركّبات الوسط الفيزيائية الكيماوية التي تتفاعل معها هذه الكائنات الحيّة. المحيط الحيوي هو إذن مجموعة ضخمة تضم كل الأنظمة البيئية في كوكب الأرض. تظهر وظيفته من خلال الانتقال المستمر للطاقة والمادة بين الوسط والكائنات الحيّة من

الأزوت الغازي، المتوفر بكثرة في الجو هو غير قابل للاستعمال من قبل الكائنات الحيّة.

جهة، وبين الكائنات ذاتها من جهة أخرى. يتكوّن المحيط الحيوي بشكل رئيسي من العناصر الكيماوية للأحياء: الأوكسجين والهيدروجين اللذان يكونان الماء، وكذلك الكربون - العنصر الأساسي للمادة العضوية -، والأزوت والفوسفور، وإلى حد أقل، الكبريت والحديد. تؤمن التفاعلات المتعددة بين مركبات المحيط الحيوي تدويراً مستمراً لهذه العناصر التي تتعاقب بين الحالة المعدنية والحالة

أرقام

- إن كتلة مجموعة الكائنات الحية هي أصغر بـ300 مرة من كتلة الغلاف الجوي وأصغر بـ 000 70 مرة من كتلة غلاف الأرض المائي (الماء السائل).
- كل سنة، يسمح التركيب الضوئي وتنفس النباتات والتربة بحدوث تبادل 80 مليار طن من الأوكسجين بين الغلاف الجوي والمحيط الحيوي.
- تمثل احتياطيات المياه على الأرض 400 1 مليون مليار طن، 97% منها موجودة في المحيطات.

العضوية. إذا كان البعض منها يتحرك باستمرار، فإن البعض الآخر يظل غير متوفر مؤقتاً لأنه موجود بشكل خاص في الترسّبات البحرية. وهكذا، فإن كل العناصر الداخلة في المحيط الحيوي تتبع دورات، فتمر من مستودع إلى آخر لتعود أخيراً إلى المستودع الأول. تعرف هذه الدورات بالبيولوجية الكيماوية الجغرافية، وهي تمنح المحيط الحيوي استقراراً دائماً، على الأقل خارج التدخلات البشرية.

إن دورة الكربون الذي يعتبر العنصر الأساسي للمادة الحية هي معقدة بشكل خاص. فالكربون الذي يدخل إلى النباتات يكون بشكل ثاني أوكسيد الكربون. خلال عملية التركيب الضوئي، يجري امتصاص هذا الغاز الموجود في الجو من قبل النباتات اليخضورية ثم يتحول إلى مادة عضوية (سكريات، حوامض أمينية، إلخ...). وبعد ذلك يتنقل على طول السلسلة الغذائية بين مختلف الكائنات الحية التي تحوله مجدداً إلى ثاني أوكسيد الكربون، بإطلاقه في الجوّ عن طريق التنفّس.

غير أن الجزء الأساسي من الكربون لا يوجد في الجو في الحالة الغازية، ولكن مثبتاً في الصخور المكربنة (الحجر الكلسي مثلاً) وفي الترسبات الموجودة في الأعماق البحرية. في الواقع، وخلال فترة حياتها، تأخذ الكائنات الحية المائية الكربون الموجود في مياه البحر بشكل قابل للذوبان لتصنع قوقعتها أو هيكلها العظمي. عند موتها يتكدس هذا الكربون، الموجود في هذه الحالة بشكل لا يذوب، في أعماق المحيط ويتحوّل إلى صخور مكربنة.

إضافة إلى ذلك، هناك عدد من الكائنات الحية تموت في أوساط خالية من الأوكسجين، دون أن تتعرض للتحلل. يتحول الكربون الذي كانت تتشكل منه هذه الكائنات والذي أصبح محصوراً في باطن الأرض، إلى بترول أو إلى فحم بشكل بطيء جداً. هكذا بالإمكان ملاحظة أن العمليات التي تدخل في دورة الكربون يمكن أن تتطلب فقط عدة ثوان، بالنسبة للمبادلات الغازية المرتبطة بالتركيب الضوئي أو بالتنفس، أو أنها تستلزم عدة ملايين من السنين، بالنسبة للمبادلات الغازية التي تخضع لمراقبة نشاط الأرض الداخلي.

الأزوت هو العنصر الأساسي الثاني لجزيئات الأحياء. يدخل خاصة في تكوين الـ ADN والبروتينات. يتوفر بغزارة في الحالة الغازية في المحيط الحيوي ويشكّل حوالى 80% من الهواء، ولكن، على عكس الكربون، إن شكل الأزوت الغازي غير قابل للاستعمال مباشرة من قبل الكائنات الحيّة. فقط بعض البكتيريا تتمكن وحدها من تثبيته. البعض من البكتيريا يعيش بالتكافل مع النباتات التي تمدها بالأزوت الضروري لنموها.

لكن غالبية النباتات تستمد هذا العنصر من معادن الأرض مثل النيترات والأمونياك. إن سلسلة من الكائنات الحية المجهرية هي التي تحول الأزوت الموجود في المادة العضوية الميتة إلى شكل معدني يمكن استعماله من قبل النباتات. يمثل هذا التنقل بين الكائنات الحية 95% من دفق



يتأمن التوازن بين المحيط الحيوي بواسطة الدورات البيولوجية الكيماوية الجغرافية. لكن رويداً رويداً تسبب الأنشطة البشرية المتنوعة اختلالاً لهذه الدورات.

هل تعلم؟

الهواء هو مستودع كبير للأزوت. عند كل عاصفة، يعطي منه كميات مهمة للأنظمة البيئية: إن التفريغات الكهربائية للصاعقة تؤدي إلى حدوث تركيب الأوكسجين والأزوت الجويين مما يعطي أوكسيدات الأزوت. تنتشر جزيئات الغاز هذه في التربة بواسطة الأمطار وبهذه الطريقة تمتص الأرض كل سنة عدة كيلوغرامات من الأزوت بالهكتار الواحد.



الأزوت على الأرض. غير أن بكتيريا أخرى تقوم بإرجاع الأزوت الموجود في النيترات إلى الحالة الغازية في الجو. لكن دورها يظل ثانوياً.

أما العنصر الهام الثالث للمادة الحيّة هو الفوسفور الذي يشكّل أحد مكونات الحوامض النووية (ADN وARN). لا تتضمن دورته مرحلة غازية. يوجد الفوسفور بشكل رئيسي في الحالة المعدنية بشكل فوسفات داخل صخور متنوعة وفي ترسبات بحرية. يدخل هذا العنصر إلى السلاسل الغذائية بواسطة النباتات التي تستمده من التربة. بعد ذلك يعود إلى الحالة المعدنية تحت تأثير بعض البكتيريا والفطور.

تؤمّن الدورات البيولوجية الكيماوية الجغرافية استقرار المحيط الحيوي، لكن الإنسان يجعل هذا التوازن هشاً. باستخراج البترول والفحم، ثم بإطلاق المنتجات الصادرة عن احتراقهما في الجو، تؤدي الأنشطة البشرية إلى اختلال دورة الكربون، في حين أن دورتي الأزوت والفوسفور تتعرضان للإتلاف بشكل رئيسي من جراء استعمال أسمدة أزوتية أو فوسفاتية في الزراعة. ■



التكيّف مع البيئة

العيش بانسجام مع البيئة المحيطة

تملك الكائنات الحية آليات متنوعة تسمح لها بالتأقلم مع بيئة معينة أو بالبقاء على قيد الحياة بالرغم من التغيرات البيئية المحتملة. ففي حين تكتفي بعض الكائنات الحية بملاءمة سلوكها، يظهر البعض الآخر، على العكس، تكيفات تشكّلية أو فيزيولوجية (وظائفية) متقدمة جداً. وهكذا حدد رجال العلم ثلاث درجات توافق مع البيئة تتميز بانحياز يكون دائماً أقوى من الكائن الحي نحو وسطه: التأقلم، التكيّف، التوافق بحصر المعنى. ■

■ **التأقلم**

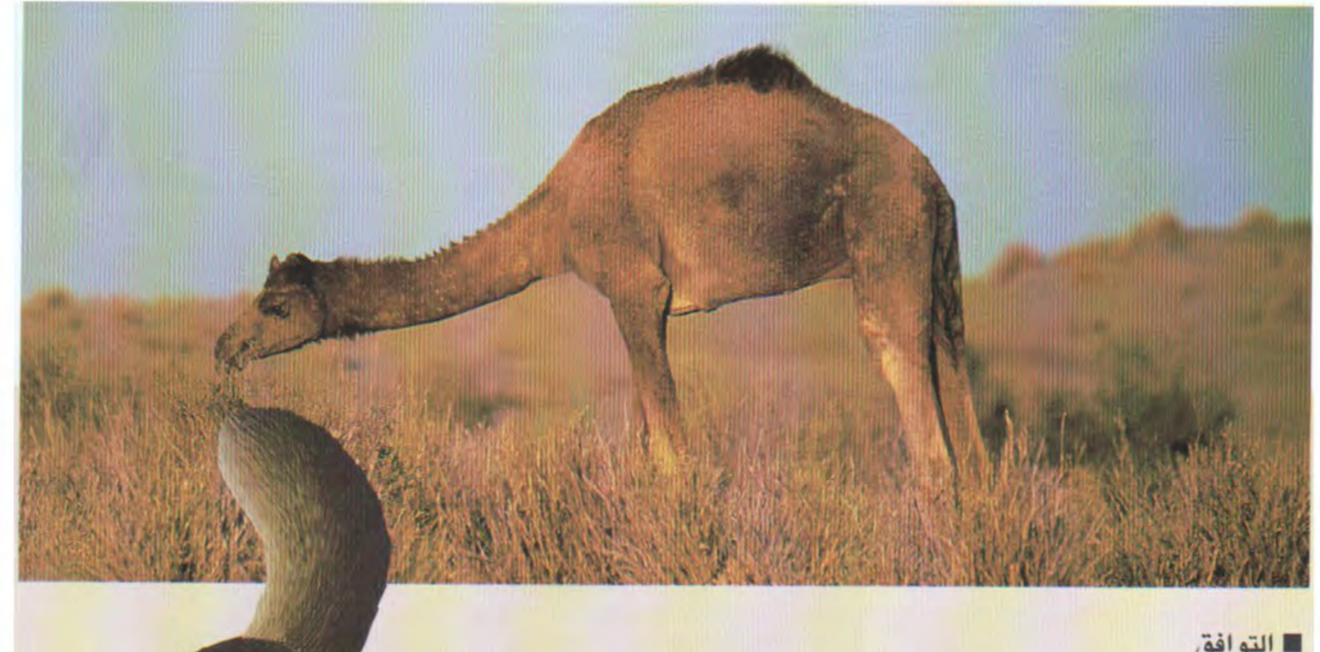
يتأقلم الكائن الحي مع بيئة جديدة إذا تمكن من العيش والتوالد فيها، يكون التأقلم ممكناً إذا كانت الظروف الجديدة للبيئة الجديدة قريبة من ظروف الوسط الأصلي، أو إذا كان النوع الذي ينتمي إليه الفرد المتأقلم قادراً على تحمّل تغيرات هامة للوسط. هناك أنواع عديدة أدخلها الإنسان إلى مناطق بعيدة جداً عن موطنها الاصلي، عن قصد أو عن غير قصد، وتأقلمت تماماً، مثل هذا الأيل الصغير الهندي الأصل والذي توجد منه مجموعات شبه برية في أوروبا وأستراليا.



■ **التكيّف**

بعكس التأقلم العادي، يستوجب التكيّف، فضلاً عن ذلك، ردات فعل فيزيولوجية (وظائفية) أو سلوكية تسمح للفرد بالانسجام مع محيطه. فالضِّبَاب تغيّر وضعيتها وفقاً لشدة أشعة الشمس بغية الحد من تغيرات درجة حرارتها الداخلية (تكيّف سلوكي)، فيما ينتصب وبر الثدييات، تحت تأثير البرد، بغية احتجاز الهواء الذي يسخن إثر ذلك سريعاً (تكيف فيزيولوجي). تشكّل أحصنة صحراء ناميبيا، المتحدرة من الأحصنة التي تركها المستوطنون الألمان في مطلع القرن، مثلاً مذهلاً عن التكيف الدائم. حتى تتمكن هذه الأحصنة من البقاء على قيد الحياة في هذه المنطقة الصعبة جداً، فإنها تتنقل في الليل، وباستطاعتها البقاء بدون شرب عدة أيام كما أن لكليتيها قدرة متميزة على حفظ الماء.





■ التوافق

في التوافق بمعناه الحصري، يكون النوع بأكمله قد توافق مع البيئة وليس الفرد فقط. بفضل تجهيز جيني خاص، يُظهر الكائن الحي سمات تشكلية وفيزيولوجية تسمح له بالبقاء حياً في بيئته. التوافق هو نتيجة للتطور، ينتقي الكائنات الحية الأكثر توافقاً مع بيئتها ـ فالجمل (وحيد السنام)، بعكس أحصنة ناميبيا، متوافق جوهرياً مع البيئة الصحراوية. إنه يكدس في حديثه احتياطيات من الشحم بإمكانه أن يحوّلها بفضل استقلاب خاص، إلى كمية متعادلة من الماء.

■ مسائل متعلقة بمتخصص

كلما كان كائن حي متوافقاً مع وسط معيّن ـ وبتعبير آخر كلما كان متخصصاً ـ، قلما تمكّن من تغيير بيئته. وهكذا بإمكان الإنسان أن يظل على قيد الحياة تحت المدارات كما على العروض العليا. في المقابل، حتى تتمكن الأنواع من السكن في الأوساط الشديدة، ينبغي عليها أن تتوافق معها بشكل خاص. لذلك تجد نفسها منحازة إلى هذه البيئة الصعبة وتختفي إذا تغيرت الظروف. الشيء نفسه يقال بالنسبة للأنواع التي تتبع نظاماً غذائياً متخصصاً جداً، مثل هذا البندا الذي يتغذى حصرياً بعدد صغير من أنواع الخيزران.

■ مسألة تشكّل

بشكل عام، تتميّز الكائنات الحيّة بأشكال متوافقة مع بيئتها. إن مظهرها، وقدّها وكذلك اللون والمظهر وحتى وجود أعضاء خاصة، يبدو أنها تهيؤها سلفاً للعيش في أمكنة معينة بدلاً من أمكنة أخرى. وهكذا فإن الجسم المستطيل والقوائم الراحية لخلد الماء تجعل منه سباحاً متميزاً. يسمح له منقاره الغريب والشديد الحساسية بنبش الحصى والطين بحثاً عن فرائس صغيرة. يتعلّق التوافق التشكلي بالتغيرات الجينية. لذلك يكون بطيئاً للغاية ويأخذ مكانه على مر أجيال عديدة. ينبغي إذن أن تكون تغيرات الوسط بطيئة ودقيقة بما فيه الكفاية بغية الحؤول دون زوال الكائنات الحيّة بشكل عنيف.



الغابات المعتدلة

تنوّع بيئي مهدّد للغاية

إن غابات المناطق المعتدلة، التي كانت قديماً كثيرة الاتساع والكثافة وفيّاضة بالحياة، تعرضت تدريجياً وبشكل عميق للتغيير على يد الإنسان. تهدّد هذه الاضطرابات أنواعاً عديدة بشكل مباشر.



توفر الغابات البدائية في الأوساط المعتدلة مواطن كثيرة لعدد كبير جداً من الأنواع. هكذا تأوي الأشجار الكبيرة نباتاً حرجياً غنياً للغاية. عندما يظل هذا النبات الحرجي بعيداً عن استغلال الإنسان، فإنه يحتوي على جذول ميتة تعتبر أنظمة بيئية حقيقية مصغّرة جداً.

تغطي الغابات حوالى 30% من اليابسة. يمتاز كل نوع من الغابات ببنية خاصة وعالمي نبات وحيوان فريدين، تتعلق جميعها بالمناخ والتربة والارتفاع عن سطح البحر و.... بالنشاط البشري. لقد غيّر الإنسان بشكل عميق، الغابات في المناطق التي يسكنها منذ زمن طويل. غير أن الغابات تلعب دوراً رئيسياً في حماية التربة، والحفاظ على أكسدة الجو، وضبط معدل الأمطار، وكبح الرياح وتعدد الأنواع...

تغطي الغابات المعتدلة الوريقة حوالى 7 مليون كلم مربع في نصف الكرة الشمالي... وهي تنبت في المناطق المروية جداً طوال العام، حيث تتغير درجات الحرارة بشكل كبير. في المناطق الواقعة إلى الشمال، تحل محل هذه الغابات المعتدلة الوريقة غابات شمالية شاسعة من المخروطيات، تمتد من الولايات المتحدة حتى سكندنافيا وسيبيريا. تتكوّن الغابات المعتدلة في أوروبا من أشجار البلوط والزان بشكل رئيسي، لكنها أكثر تنوعاً في أميركا الشمالية (غابات القيقب والزان في الشمال، غابات الزان والكستناء في الشرق، والبلوط والجوز الأميركي في الجنوب الغربي). وتحت تأثير الأنشطة البشرية، أصبحت غالبية الغابات المعتدلة

إن المناخ المحلي للغابات البدائية بليل، رطب ومستقرّ جداً.

الحالية تتميز بشكل ملحوظ عن الغابات البدائية. إضافة إلى كون الإنسان قد قلّص مساحتها بشكل كبير، فإنه قد قلب تكوينها بشكل تام.

إن الأشجار ذات الارتفاع الكبير (حتى 40 متراً وما فوق) والمعمّرة في الغابات القديمة هي كذلك أكثر عدداً. إنها تساهم في إقامة مناخ محلي مستقر جداً وأكثر رطوبة مما هو موجود في الغابات الحديثة العهد. تتغير درجة الحرارة والرطوبة فيها إذن قليلاً. تسمح هذه الظروف لطائفة من النباتات بالنمو في الغابة المصغرة، لكن هذه النباتات في معظمها لا تستطيع مقاومة المناخ الأكثر شدة والذي يسيطر في الغابات الفتية. إضافة إلى ذلك، يؤدي الارتفاع الكبير للأشجار المعمرة إلى مضاعفة المجال المتاح عمودياً. وهكذا تظهر عدة طبقات تشكّل مواطن تتقاسمها أنواع نباتية وحيوانية متعددة. إن تنضيد



كما في الغابة الاستوائية تمثل الأشجار الكبيرة في الغابات المعتدلة تنضيداً عامودياً. تتقاسم الأنواع المجال المتاح وموارده باتجاه الارتفاع العمودي.

الغابات البدائية، الذي يعتبر أكثر تعقيداً من تنضيد الغابات المُستغَلة، قد يكون مشابهاً لتنضيد الغابات الاستوائية.

فضلاً عن ذلك، تلعب الأشجار الميتة الكثيرة العدد في هذه الغابات القديمة دوراً بيئياً هاماً. فهي تأوي فطوراً تنمو بشكل حصري على الخشب الميت، وهي تأوي كذلك آكلات الخشب التي تتبعها طفيلياتها والكواسر التي تقنصها. يشكل جذل واحد من الخشب الميت إذن نظاماً بيئياً حقيقياً. في الغابات القديمة بالغرب الأميركي، مثلاً، تلتجئ فأرة الحقل Clethrionomys Californicus في جذوع الأشجار الميتة الساقطة على الأرض. وهي تجد فيها طعامها من الفطور وحزاز الصخر (الأشنة). وعندما يحفر هذا الحيوان القارض الصغير ممراته الأرضية، فإنه ينثر لقاح الفطور. بين الخشب الميت، والفطور وفأرة الحقل، توجد إذن رابطة حقيقية لا يمكن لها أن تستمر إلاّ في هذا الوسط الخاص.

تتميز الغابات القديمة كذلك بوجود هام لأشجار ميتة ما زالت منتصبة. إلا أن هذه «الشموع» غير الموجودة تقريباً في الغابات المُسْتَغَلّة، تأوي أنواعاً عديدة. في تجويفات الشموع الموجودة في غابة بدائية أميركية، تمّ إحصاء 24 نوعاً من الثدييات و39 نوعاً من الطيور، أي 20% من مجموع أنواع الطيور. تستقبل هذه المساكن الجماعية كذلك أعداداً كبيرة من الحشرات، التي تشكل طعاماً للطيور. إن تنوع الطيور التي تعشش في التجويفات وعددها يتعلقان إذن بشكل وثيق بعدد الشموع وحجمها، وبالتالي بعمر الغابة.

إذا كانت الغابات الأميركية تبدو مهددة، فإن الغابات الأوروبية هي أكثر تعرضاً للتهديد. إن وجود واحدة من أكبر الغابات البدائية النادرة الباقية في أوروبا، وتحديداً في بولونيا، يقدم لعلماء الأحياء الفرصة لمقارنة مميزاتها مع مميزات الغابات المُستَغَلة. إن تكوين هذين النوعين من الغابات هو مختلف كثيراً. رويداً رويداً، يتم استبدال الأشجار الوريقة الكبيرة والعتيقة بالأشجار الصمغية السريعة النمو والتي أدخلها الإنسان.

إلا أن حوالى 1 500 نوع من الفطور وعدداً مشابهاً من مغمدات الأجنحة (حشرات)، في أوروبا، تبدو مرتبطة بالغابات القديمة. وهكذا يكون ربع عدد أنواع الفطور وأكثر من نصف الحشرات مغمدات الأجنحة مهدداً مباشرة من جراء تدمير هذا الوسط. كما أن لتحول الغابة أثراً على الثدييات الكبيرة. فالغابات القديمة تسكنها حيوانات مثل الأيل في حين تسود حيوانات اليحمور في الغابات الفتية. أما بالنسبة للحشرات، فالمذبحة مرعبة. من بين آلاف الأنواع التي تأويها الغابات الأوروبية، يبدو أن الكثير منها قد اختفى نهائياً. ■

تفسير كلمات

الغابة البدائية هي غابة لم تتعرض أبداً لتأثير الإنسان (إنها نادرة، لأن الكثير من الغابات «القديمة» الحالية هي ناتجة في الواقع عن إعادة تحريج جرى قبل ذلك بعدة قرون).

هل تعلم؟

إن العاصفة التي دمّرت غابات فرنسا خلال شتاء 1999 ـ 2000 ليست كارثة بيئية. فقد فتحت في الواقع مساحات كبيرة من التربة الحرجية للضوء، مما قد يساعد في المستقبل على عودة ظهور أنواع أصبحت نادرة. لهذا السبب، سوف تترك بعض المناطق من غابات رامبوييه على حالها. ستسمح هذه المواقع الجديدة لدراسة التنوّع البيولوجي الحرجي بفهم وظيفة النظام البيئي الحرجي.



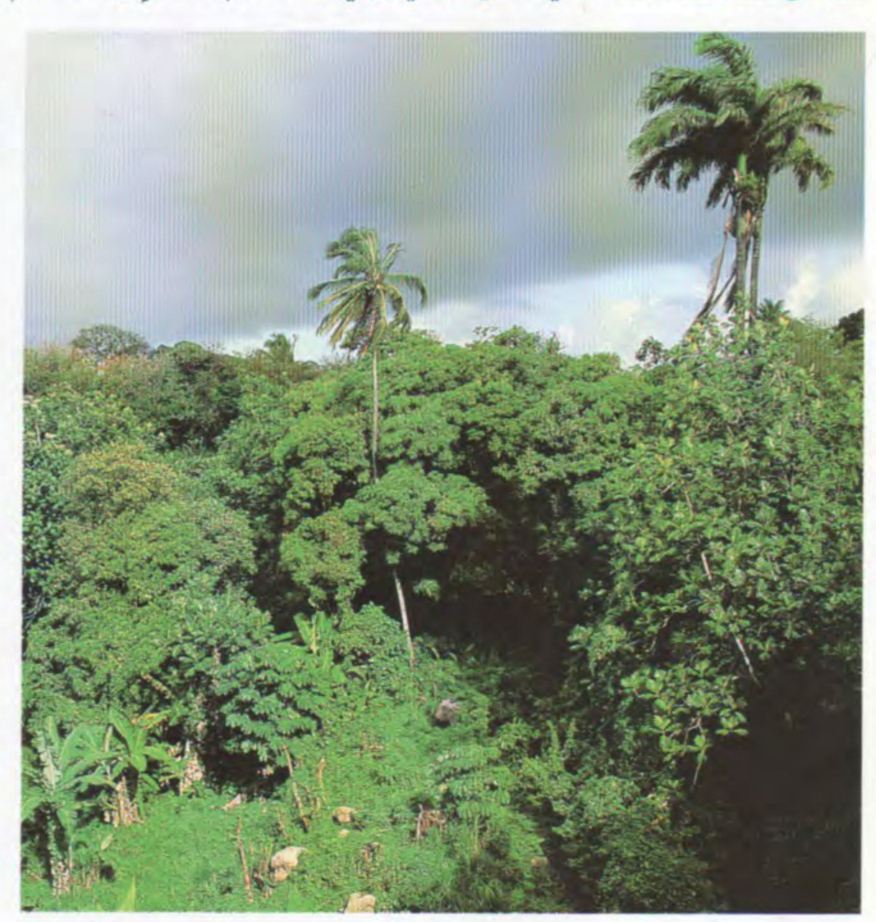
تشكل الأشجار الميتة مواطن مستعمرة من قبل أنواع عديدة. كطائر النقار الأخضر هذا، الذي يجد فيها طعامه.



الغابات المدارية

عالم عجيب عمودي الاتجاه

تأوي الغابات المدارية، الواقعة في مناطق رطبة وحارّة، عالمي حيوان ونبات متميزَيْن بغنى مدهش. كي تتمكّن هذه الكائنات الحيّة من التعايش في هذه الغابات، فإنها تتقاسم وسطها ومواردها بشكل عمودي.



تقع الغابات المدارية الرطبة حول خط الاستواء، وهي تأوي أنواعاً كثيرة العدد. كما أن هذه الغابات قد أصبحت شعار التنوع البيولوجي. ربما تأوي وحدها أكثر من نصف الأنواع الأرضية، وخاصة من اللافقريات، التي ما زال معظمها مجهولاً.

تمثل الغابات المدارية الرطبة حوالى ثلث غابات العالم. وهي تتوزع على ثلاث كتل كبيرة تقع حول خط الاستواء: في أفريقيا وأميركا وأندونيسيا. تنبت هذه الغابات الاستوائية، (التي تعرف كذلك بالغابات الدائمة الخضرة لأن أشجارها تحتفظ بأوراقها طوال العام)، في مناطق مروية كثيراً: تتعدى المتساقطات التي تهطل عليها 250 ملم في السنة. تتميز هذه المناطق الحارة والرطبة قبل كل شيء بتنوع بيولوجي عجيب. إن الغابة المدارية، الكثيفة للغاية تغطي فقط 7% من مجمل القارات، ولكنها تأوي أكثر من نصف الأنواع الأرضية. يمكن لكل هكتار من الغابة المدارية أن يحوي أكثر من 300 نوع من الأشجار. معظم هذه الأنواع نادرة. إضافة إلى ذلك، ما زالت الغالبية العظمى من اللافقريات التي تسكنها مجهولة اليوم لأن معظمها يعيش فقط في منطقة محصورة جغرافياً. أما بالنسبة لعالم الحيوان الرحب في هذه الغابات، والذي يتكوّن في جزئه الكبير من القرود والطيور، فإنه متنوع ونادر في الوقت نفسه: لا يتمثل كل نوع إلا بعدد صغير من الأفراد. وهكذا يمكن للحيوانات أن تتقاسم موارد لا محدودة تقريباً.

تتوزّع النباتات والحيوانات في المجال المتاح لها بشكل أفقي. في الواقع إن التنضيد مهم في الغابة الاستوائية. عند الانحدار من القمة، التي تعرف كذلك بالظلّة، نحو الأرض، ينشأ انطباع بالغوص في بئر. تنتقل درجة الحرارة من 32 درجة مئوية إلى 27 درجة مئوية.

تتحلّل النباتات الميتة بسرعة مذهلة.

وتنتقل الرطوبة النسبية من 30% إلى 80% وتنقص الإضاءة بنسبة 1 على 1 000. إضافة إلى ذلك: يغيب الهواء عن منطقة نبت الحراج. تنمو إذن بين قمة الأشجار والأرض عوالم متراصة فوق بعضها البعض.

تقع ظلة الغابة على ارتفاع 50 متراً، وهي تشكل الطبقة العليا وتتكوّن من أشجار عملاقة تتدعم جذوعها عند القاعدة بواسطة دعامات أو جذور هوائية. على ارتفاع يتراوح بين 30م و40م تقع الطبقة الوسطى، شبه المتصلة. وعلى ارتفاع يتراوح بين 15 و20م تشكل أغصان الأشجار الصغيرة المظللة بالأشجار العملاقة التي تمنعها من النمو، طبقة إضافية. أخيراً هناك الطبقة العشبية، المكوّنة بشكل رئيسي من السرخسيات، وهي تستعمر التربة التي تعتبر الأكثر سماكة والأكثر رطوبة في العالم



في الغابة الاستوائية، تتقاسم الأنواع المجال بشكل أفقي. إن عالم الحيوان الكبير الذي يتكوّن خاصة من الحيوانات الرئيسات والطيور يحتل الأغصان العليا بشكل رئيسي.

نظراً لسماكتها التي تتراوح بين 10م و100م.

تتعرض أشجار الغابات المدارية لغزو النباتات المتسلقة، وهي تستعمل كذلك كدعامة لنباتات ملازمة أخرى - هي نباتات تنمو على نباتات أخرى - مثل الطحالب، والسرخسيات والسحلبيات. على مستوى الأرض، تتواجد الحشرات بشكل وفير.

أرقام

- تضم غابة ساحل العاج 600 نوع من الأشجار وتضم غابة ماليزيا 2 000، في حين أن غابات أوروبا كلها تحتوي على أقل من 100 نوع.
- يضم عالم النبات الحرجي في البرازيل حوالى 40 000 نوع مختلف. ويضم في فرنسا أقل من 5 000.
- في 1 هكتار من الغابة الأمازونية الواقعة على ارتفاع 260م عن سطح البحر في خط الاستواء، تمّ إحصاء 1 561 شجرة يزيد قطرها عن 5 سم وتنتمي إلى 473 نوعاً مختلفاً.

تنشط أعداد من النمل ودود الخشب لإزالة الخشب الميت وطبقة الدبال التي تغطي الأرض. كما أن مجموعات من الحيوانات المائية، مثل العلق المبطط، تسكن في منطقة نبت الحراج، مستفيدة من رطوبتها الشديدة بهدف استعمار أوساط هوائية.

هناك ميزة خاصة أخرى للغابة الاستوائية: تربتها المعلقة. إن أكداس المادة النباتية قيد التحلل والمرتكزة على أغصان متفاوتة الارتفاع تأوي لافقريات تنتمي عادة إلى عالم الحيوان الأرضي.

أما على الأرض، فإن الثدييات هي نادرة. في أفريقيا، بالإمكان ملاحظة وجود ظباء وحيوانات الأكاب وفرس النهر القزمة، في حين نجد في أميركا الجنوبية آكلات النمل الكبيرة وحيوانات التاتو والتابير... في المقابل، توجد بأعداد كبيرة الحيوانات الثديية ساكنة الأشجار - مثل زلم الشجر أو الليموريات في أفريقيا، والسناجب أو الأوبوسوم في أميركا - قلما تنزل هذه الحيوانات إلى الأرض، وهي تملك بشكل عام مخالب قوية حتى تتعلق بها وذنباً طويلاً تستعمله لتحقيق التوازن. كما أن الطيور التي تسكن الغابة المدارية هي متنوعة للغاية.

إن عالم الحيوان الكبير الذي تأويه الغابات يعيش إذن بشكل رئيسي في الطبقات العليا، حيث توجد غالبية الأوراق الحية، التي تشكل نقاط انطلاق السلاسل الغذائية. في الواقع، تعتبر ظلّة الغابة اللاقط الشمسي الذي يغذي الغابة بأكملها بالطاقة. إن الغابة المدارية،

تفسير كلمات

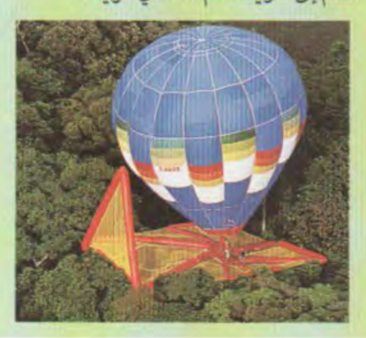
- تقع **ظلّة الغابة** على ارتفاع 50 متراً تقريباً، وهي وسط يتكوّن من قمم أشجار الغابات المدارية.

هل تعلم؟

إذا كانت نبتة تتراسيرا المتسلقة التي تنمو في الجزء المنخفض من الغابة تنضح الماء بواسطة حويصلات صغيرة كروية الشكل، في ظلّة الغابة، فإنها في الواقع تطلق سكراً. وهي تعطي بهذه الطريقة الغذاء شبه الحصري لبعض النمل.

في المقابل، يحمي هذا النمل هذه النبتة المتسلقة من مفترسيها. فعلى حساب أصابعهم، اكتشف الباحثون ظاهرة التطور المشترك هذه بين هذين النوعين المداريين!

لقد صمّم عالم النبات المتخصص بالغابات المدارية فرنسيس هاليه، والملاّح المنطادي دانيال كليبيات ماريل، والمهندس المعماري المغرم بالإنشاءات القابلة للنفخ جيل إيبرسولت **عوّامة القمم**: منطاد ينقل شبكة مشدودة بواسطة بالونات مستطيلة أسطوانية الشكل وقابلة للنفخ يضعها على ظلّة الغابة. سمحت هذه البنية لرجال العلم بالوصول إلى عالم كان مجهولاً تماماً. تعود أول مهمة لعوامة القمم إلى خريف عام 1986 في غويانا.



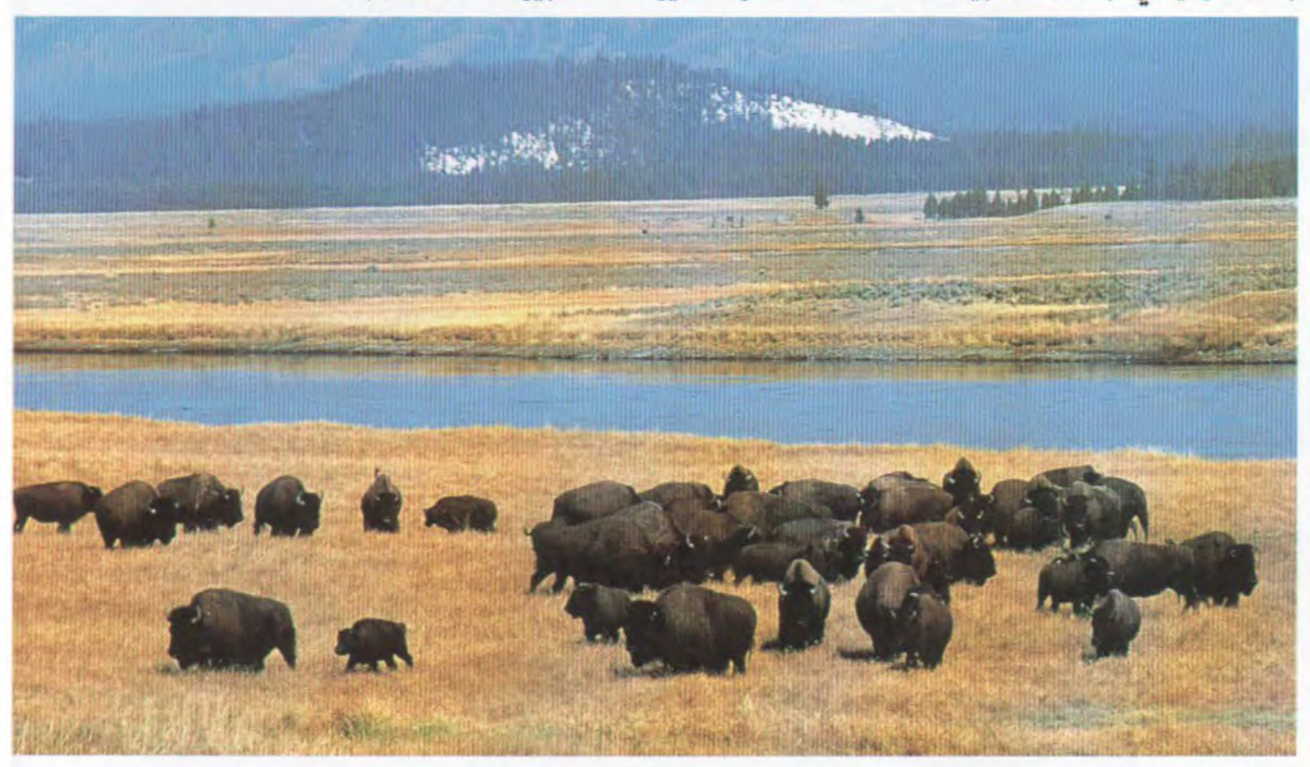
القائمة على تربة فقيرة، تمثل دفق الطاقة والدورات الأسرع في العالم. تعيد الكائنات الحية المجهرية المُخَلِّلَة بسرعة كبيرة تدوير النباتات الميتة وتحولها إلى عناصر مغذية معدنية تعود النباتات لتمتصها لاحقاً. إذا كانت الفضلات تتحلل في الغابة المدارية خلال عدة أسابيع أو عدة أشهر، فذلك بفضل ظروف الحرارة والرطوبة الشديدتين. بالمقارنة مع الجبال الباردة، يمكن لتحلل طبقة الدبال التي تغطي الأرض أن يستمر عدة عقود، أما تحلل الأشجار الكبيرة، فيمكن أن يستمر عدة قرون. ■



الأوساط المفتوحة

المروج، السهوب، التوندرا، السافانا

في كل القارّات توجد مسطّحات واسعة ذات مشاهد رتيبة. في هذه المروج، السهوب، التوندرا والسافانا تنبت بشكل رئيسي نباتات عشبية، تعدّ مأكلاً ممتازاً للحيوانات الكبيرة آكلة العشب.



قبل تحويل المروج في أميركا الشمالية إلى مراع، كانت حيوانات البيسون تتنقل في قطعان، ربما يصل عديدها إلى مليوني فرد. ما زالت هناك بعض المجموعات الموجودة اليوم في المنتزهات الطبيعية، كما يبدو في الصورة في يلوستون.

سهوب آسيوية، سهول معشوشبة أميركية جنوبية، توندرا سيبرية، مروج أميركية شمالية، سافانا أفريقية، آجام أسترالية: تحت كل العروض، وفي كل القارات توجد «أوساط مفتوحة» تتميز بمساحاتها الشاسعة الامتداد، وندرة الأشجار فيها وخاصة بوجود مجموعات من النباتات العشبية أو النجيليات، التي تغذّي مجموعات هامة من الحيوانات الثديية التي ترعى العشب.

تنمو المروج والسهوب في المناطق المعتدلة والباردة على مساحة 46 مليون كيلومتر مربع، أي حوالى ربع مساحة القارات. تتميز مناخات هذه المناطق بشتاء جاف وبارد يليه صيف حار ورطب. يتغير معدل تساقط الأمطار بشكل عام بين 300 و500 ملّم في السنة. تشكل النجيليات المعمّرة قاعدة السلاسل الغذائية في هذا الوسط. تتمكن جذورها المتطورة جداً من الانغراز في التربة حتى عمق 2,5 م.

بعد أن تحوّلت المروج الأميركية إلى مراعٍ، شهدت اختفاء القطعان الضخمة من البيسون التي كانت تجوبها.

كانت مروج أميركا الشمالية تأوي في الماضي حياة حيوانية متميزة. لكن منذ تحويل هذه المروج إلى مناطق زراعية ومراعٍ، شهدت خلال فترة الجفاف الصيفيّ، اختفاء قطعان واسعة من الحيوانات الكبيرة آكلة العشب. قبل 300 سنة فقط، كانت أعداد من البيسون، تصل إلى 40 مليون تجوب آلاف الكيلومترات بحثاً عن المأكل. كما أن الحيوانات آكلة اللحم مثل القيوط أو الغرير عرفت أفولاً هاماً.

تفسير كلمات

الأوساط المفتوحة هي تشكيلات عشبية طبيعية، تكون الأشجار فيها شبه غائبة. في المناطق المعتدلة والباردة، تُعرف هذه الأوساط **بالمروج والسهوب**. وفي المناطق الباردة جداً تُسمى **توندرا**. وفي المناطق الحارة، تسمى **سافانا** أو **سهول معشوشبة**.

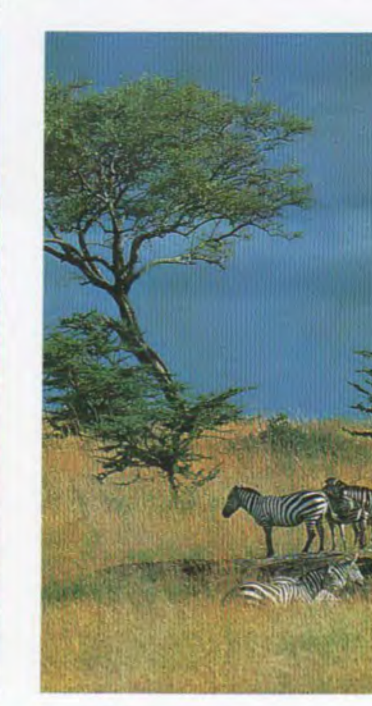
تمتد سهوب آسيا من أوكرانيا حتى منغوليا. تأوي حيوانات ثديية حفّارة (المرموط، السنجاب، قداد الهمستر...)، تصطادها الكواسر الصغيرة (ابن عرس، هر السهوب، ثعلب السهوب). عندما يتوفر الماء، يغذي أعشاب هذه المنطقة الخصبة جداً كذلك الحيوانات ذات الحوافر الكبيرة مثل ظبي الأروس، الذي يعتبر النظير البيئي للبيسون الأميركي. عدة حيوانات كبيرة من آكلة العشب، مثل الجمل أو حصان برينالسكي، قد اختفت عملياً في الحالة البرية. بسبب غياب الأشجار، تعشش طيور السهوب على الأرض وهي متكيفة في أغلب الأحيان مع الركض.

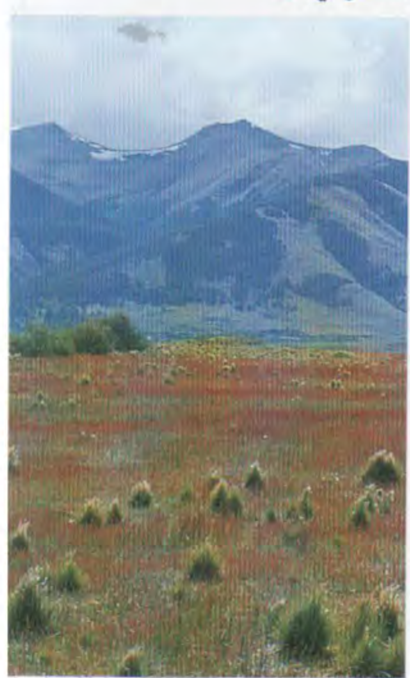
تمتد التوندرا في المناطق الواقعة إلى الشمال، في سيبيريا وآلاسكا. تكون التربة متجلّدة طوال تسعة أشهر في السنة، ولا يذوب الجليد في الصيف إلا على سماكة عدة سنتيمترات فقط. إن الطبقة التي تظل مجلّدة باستمرار، وتعرف بالمجلدة الأرضية، هي غير نافذة تماماً. لذلك فإنها تقاوم تصريف المياه، وتساهم بذلك في تكوين مستنقعات واسعة حيث يتكاثر فيها البعوض. في هذه المناطق من الجنوب، تحتوي التوندرا على شجيرات قزمة ومخثّات. في الشمال، حيث يكون البرد أكثر شدة، يوجد خاصة غطاء منبسط من الطحالب وحزّاز الصخر. لقد أحصى رجال العلم 415 نوعاً من الطحالب في إيسلندا وأكثر من 500 نوع في آلاسكا. تعتبر الظبيات الضخمة (علند) والرنة ورنة كندا وثيران المسك حيوانات نموذجية للتوندرا وهذه الحيوانات تستمتع كثيراً بها. هناك أنواع صغيرة القد لا تنشط إلا خلال الأشهر العديدة للفصل الجميل. حتى تبقى على قيد الحياة خلال الشتاء القارس، تلجأ فئران الزباب وحيوانات قارضة عديدة (سنجاب، فأرة الحقل، مرموط، والقندس) إلى الإسبات، في حين أن الطيور (شرشور الثلج، حجل الثلج، العيدر - بط ناعم الزغب -، إوز الثلج) تهاجر نحو مناطق أكثر اعتدالاً. في التوندرا، تكتسي الكواسر العديدة (القاقم، الذئب، الفيزون، الغلطون، الدب، القيوط، الأوس) بفروة سميكة، ولكن من بين هذه الحيوانات، وحده الثعلب الأزرق يستكين حقيقة للتوندرا.

في المناطق الحارة، تغطي السافانا بدورها مساحات مترامية جداً. هنا يكون المناخ جافاً وحاراً وشديد التشمّس. تنمو فيه بعض الأشجار، مثل السنط والحميرة في أفريقيا، والأوكاليبتوس في أستراليا والصبّار في أميركا الجنوبية. لا يتعدى ارتفاع هذه الأشجار 15م بشكل عام، ولها أغصان منخفضة وقشرة تحتوي على الفلّين وتقاوم النار جيداً. وهذا يلعب دوراً هاماً في الحفاظ على السافانا. تتحرك الحيوانات الكبيرة آكلة العشب (الظبيان، الحمير الوحشية المخططة، الزرافات، الفيلة، وحيد القرن في أفريقيا، الكنغورو في أستراليا، اللامة في أميركا الجنوبية) بشكل قطعان. يشكل الروث الذي تتركه بوفرة موطناً لأنواع كثيرة جداً من الحشرات. يتم اصطياد الحيوانات آكلة العشب من قِبل كواسر مثل الأسود والنمور وكذلك الفهود. أما بالنسبة لطيور السافانا، فإنها تنتمي إلى مجموعة الرواكض. نجد منها النعامة في أفريقيا والروحاء في أميركا والأمو في أستراليا. ■

هل تعلم؟

قبل حوالى 12 000 سنة، يعتقد أن أوروبا، حتى جنوب فرنسا، كانت تشبه سهباً ضخماً بارداً، وحتى ربما توندرا تسكنها قطعان من حيوانات الرنة والبيسون. خلال انتجاعها في فصل الخريف (ارتيادها الكلأ في مواضعه)، كانت حيوانات الرنة والبيسون تشكل الطريدة المفضلة لسكان ما قبل التاريخ. ومع سخونة المناخ، أدت نهاية العصور الجليدية إلى ظهور الغابات في المناطق المعتدلة، مما دفع بحيوانات الرنة نحو الشمال.





تحتوي كل قارة على وسطها المفتوح. وهكذا فإن السافانا هي ميزة خاصة لأفريقيا، كما يبدو في الصورة (إلى اليمين) في تنزانيا الواقعة إلى شرق القارة. أما بالنسبة لباتاغونيا، الواقعة إلى جنوب الأرجنتين، والشيلي، فإنها مغطاة بسهول معشوشبة (إلى اليسار). في هذه الأوساط العشبية تنمو عامة قطعان من الحيوانات الكبيرة آكلة الأعشاب مثل الحمير الوحشية المخططة، أو حيوانات النو، أو الظبيان أو الزرافات، أو اللامة.



الصحارى الحارّة

البقاء على قيد الحياة دون ماء تحت أشعة الشمس

تتميز الصحارى الحارة بقحولتها الشديدة، وهي تعدّ من بين الأوساط الأكثر مناوأة للحياة. غير أن أنواعاً عديدة من النباتات والحيوانات تمكّنت من التكيّف تماماً مع الحرارة ومع نقص الماء.



القحولة والجفاف هما ميزتا الصحارى. إضافة إلى ذلك، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة في الصحارى الحارة إلى التبخّر مما يسرّع خسارة الماء.

تتقاسم صحراء غوبي (آسيا) والصحراء الكبرى (أفريقيا)، وصحراء موجاف (أميركا الشمالية)، أو أيضاً صحراء أتاكاما (أميركا الجنوبية) بعض الميزات، بالرغم من الاختلافات بينها. فالمتساقطات فيها نادرة وتحدث بالصدفة، وفصول الصيف فيها طويلة وحارة جداً، والتباين الحراري فيها بارز. يستلزم البقاء على قيد الحياة في هذه الأوساط الشديدة إذن تكيفاً متقدماً مع القحل والجفاف.

القحولة هي ظاهرة مناخية مكانية تعني منطقتين واقعتين على خطي العرض 30 درجة شمالاً و30 درجة جنوباً: عند مستواهما تنحدر كتل الهواء وتسخن بامتصاصها للرطوبة، ثم تعاود الصعود. في الصحارى، يضاف هذا الحدث المكاني إلى الجفاف ذي الطابع الزمني، الذي يتطابق مع فترة طويلة بدون أمطار.

يعتبر شح الماء والحرارة عاملين مترابطين: فارتفاع درجة الحرارة يضخم في الواقع التبخر ممّا يسرّع خسارة الماء.

بشكل عام، تكون الحيوانات التي تسكن الصحارى صغيرة وليلية.

حتى تتمكن النباتات والحيوانات من البقاء على قيد الحياة في الصحارى الحارة، فإنها تظهر إذن تكيّفات وظائفية (فيزيولوجية) وتشكّلية خاصة.

تحدّ بعض النباتات مثل الصبّار والفربيون، خسارة الماء بفضل أوراقها المصغّرة المتحولة إلى أشواك، وهي تخزّن كميات كبيرة من الماء في أنسجة متخصصة في جذوعها.

لبعض النباتات الأخرى دورة توالد قصيرة للغاية: إن بزورها القادرة على البقاء في حالة خدر طوال عدة سنوات من الجفاف، تستطيع أن تنتشي وتزهر

توضيح

نجحت بعض أنواع الضفدعيات باستعمار بعض الصحارى. وقد أشار باحثون أميركيون إلى أن ضفدع الشجر فيلو ميدوزا سوفاجي الذي يعيش في منطقة غران شاكو في أميركا الجنوبية، يغطي جلده بطبقة غير نافذة تنتجها غدد جلدية صغيرة. إضافة إلى ذلك ربما تكون هذه الضفدعة الحيوان البرمائي الوحيد الذي يشرب.

إن اليربوع، المتكيّف جيداً مع الوسط الصحراوي، لا يشرب أبداً. وهو يتنقل بواسطة الوثب، الذي يعتبر طريقة تنقّل اقتصادية جداً.

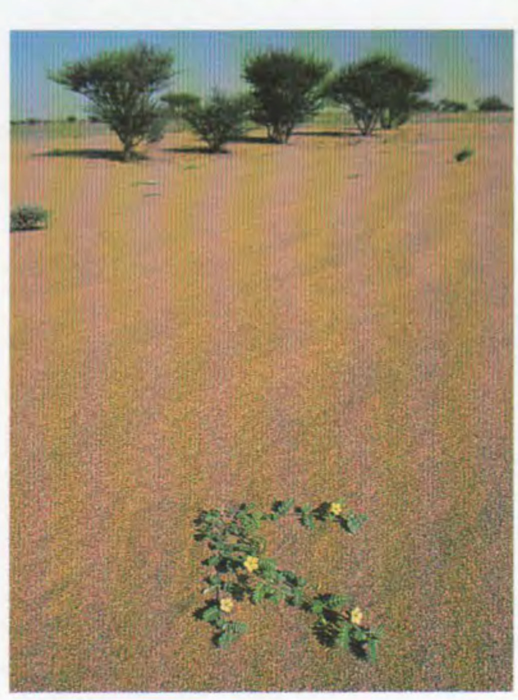
هل تعلم؟

بهدف الاحتماء من أشعة الشمس وتجنب ارتفاع درجة حرارتها الجسدية، تستعمل سناجيب الصحارى ذيلها كمظلة كبيرة.

بعد هطول مطر مدرار بعدة ساعات. في الصحارى، يندر وجود الحيوانات الضخمة لأنه يصعب تصريف الحرارة، نظراً لكون حاصل قسمة مساحة جسمها على حجمه غير مؤات كثيراً. تملك حيوانات كثيرة أعضاء لتبديد الطاقة مثل آذان كبيرة أو قوائم مستطيلة تبعد جسمها عن الأرض المحرقة وتزيد سرعة انتقالها (غزلان، ظبيان، نعامات). لدى بعض الثدييات، مثل اليربوع أو القواع البرّي، لا تعني استطالة القوائم إلا الأعضاء الخلفية. يتم انتقالها بالقفز. حتى تتمكن من التحرك على أرض قد تصل حرارتها إلى 60 درجة مئوية، فإن أطراف أعضاء الحيوانات الضخمة محمية بواسطة وسيدات من الشعر أو حوافر. أما العظايات، من جهتها فهي تتكيّف مع الوسط الرملي بفضل حراشف على مستوى الأصابع.

تكون وتيرة النشاط في أغلب الأحيان معكوسة لدى الحيوانات المتكيّفة مع الحرارة. إنها تنشط في الليل وتولد صغارها في الشتاء عندما تكون درجة الحرارة أكثر اعتدالاً. وحتى إن بعض الأنواع تذهب إلى حد قطع نشاطها تماماً. هكذا تمر بعض القشريات بحالة توقف عن النمو والنشاط بغية البقاء على قيد الحياة أثناء نقص الماء. وقبل حلول الجفاف الذي سيكون قاتلاً بالنسبة لها، تضع هذه القشريات بيْضاً قادراً على مقاومة درجات حرارة قصوى وعلى البقاء في الحفظ لعدة سنوات، بانتظار سقوط المطر اللاحق الذي سوف يطلق انفقاس هذا البيض الموجود في حالة التوقف عن النمو والنشاط.

تتبنّى الحيوانات سلوكيات مختلفة بغية ضبط درجة حرارتها الداخلية. وفقاً لرغبتها في تلقي أو في تصريف الحرارة، فإنها تتخذ مكاناً لها قريب من الأرض إلى حد ما وتوجه محور جسمها بطريقة مختلفة بالنسبة لأشعة الشمس. عندما تشعر الثدييات بالحرارة الشديدة فإنها



هذه النبتة الزاحفة من جنس تريبولوس هي شائعة جداً في المناطق الجافة من العالم القديم. لقد تكيّفت بشكل ملحوظ مع القحولة، وهي تزهر بعد ساعات فقط من هطول المطر، لا تتفتح أزهارها الصفراء بعد ذلك إلا عند الصباح.

تفسير كلمات

- **القحولة** هي ظاهرة مناخية تتميز بنقص منهجي للمتساقطات (أقل من 200 ملّم في العام)، وهي تميز مناطق عديدة تقع بين خطي عرض 15 درجة و30 درجة على جانبي خط الاستواء.
- يعني **الجفاف** فترة طويلة بدون متساقطات. إن فترات الجفاف نادرة وقصيرة المدة بشكل عام في المناطق المعتدلة، لكنها تكون مزمنة وطويلة في المناطق القاحلة.
- **حالة توقف النمو والنشاط** تعني توقفاً تاماً للنشاط تلجأ إليه بعض الحيوانات لتبقى على قيد الحياة. في فترات الجفاف الشديد، تموت الحيوانات البالغة لكن البيض يقاوم.

تلهث كما أن الطيور تهز أرضية فمها. تسبّب هذه السلوكيات تبادلات هواء تبرّد الحيوان. بعض الحيوانات الأخرى تحفر جحوراً لتحتمي من حرارة شديدة للغاية. في الواقع، عند الغوص في الرمل أو في الصخر، تهبط درجة الحرارة بشكل واضح.

تملك الثدييات إضافة إلى ذلك جهاز طوارئ: تبخّر المياه بالرشح. حسبما تملك غدداً عَرَقية أم لا، فإن هذه الحيوانات تتعرّق أو تلعق ذاتها، إن هذا التكيّف فعال جداً لتبديد الحرارة، لكنه قد يظهر خطراً، لأن الكائن الحي يتعرض، بسبب التبخّر أو التعرّق، إلى خسارة كبيرة للماء.

بما أن الوصول إلى الماء صعب، فإن الحيوانات تعرف كيف تسترجعه بكل أشكاله: الماء السائل طبعاً وكذلك بخار الماء في الضباب الصباحي، وماء الاستقلاب في الأطعمة إلخ... وهكذا نجد أن المهاة وبعض القوارض التي لا تشرب أبداً تقريباً، تتميّه انطلاقاً من الماء الموجود في طعامها. ■



الصحارى الباردة

البقاء على قيد الحياة فوق أرض مجلّدة

تمتدّ عند القطبين صحارى شاسعة مجلّدة. تكون التربة فيها فقيرة لكن البحر، الغني للغاية، يغذّي حيوانات بحرية كثيرة. غير أن الثدييات والطيور تضطر للمجيء إلى اليابسة حتى تتوالد.



يعتبر الطرسوح الإمبراطوري رمزاً للصحارى الباردة، وقد تكيّف جيداً وبشكل خاص مع درجات الحرارة المنخفضة. خلال الشتاء الجنوبي، تشكل هذه الحيوانات مستعمرات واسعة على الجليد الساحلي لتتوالد.

إن قمم الجبال العالية إضافة إلى المناطق القطبية في القطب الشمالي والقطب الجنوبي وسلسلة الجزر المرتبطة بهما هي صحارى. صحيح أن الماء موجود فيها بوفرة، لكن درجات الحرارة (أدنى من 20 درجة مئوية تحت الصفر وحتى أنها تتدنّى أكثر، في قلب المناطق القطبية الجنوبية لتقترب من 90 درجة مئوية تحت الصفر!) تجعل الماء يكون في الحالة الجامدة. وبالرغم من هذه الظروف الشديدة، توجد الحياة في هذه المناطق.

في المناطق القطبية، تلعب ديناميكية الجليد دوراً أساسياً. في وسط المحيط المتجمّد الشمالي يطفو على السطح في الشتاء جليد ساحلي يمكن أن تصل سماكته إلى 100 متر. أما الـ 14 مليون كلم مربع من القارة القطبية الجنوبية فمغطاة تماماً تقريباً بطبقة من الجليد تبلغ سماكتها في بعض الأمكنة عدة كيلومترات. لا يتعدى معدل المتساقطات الثلجية بشكل رئيسي، 100 ملّم في العام، في المنطقتين القطبيتين الشمالية والجنوبية، وهي قيمة يمكن مقارنتها مع المتساقطات في الصحراء الكبرى.

تتمثل النباتات، وهي فقيرة ونادرة، بطحالب وأشنة (حزاز الصخر) في أغلب الأحيان. وهي تشكل في المنطقة القطبية الشمالية غذاءًا للقواع البري القطبي الشمالي، ورنة كندا، أو حتى لثور المسك. تشكل هذه الحيوانات الآكلة للعشب بدورها طعاماً للطيور وللكواسر الثدية (الثعلب القطبي الشمالي والذئب، والقاقم والدب القطبي) التي تعيش كذلك من الصيد المائي. يعود السبب في ذلك إلى تنامي الحياة، حول القطبين، في مياه البحار التي تسخنها التيارات البحرية. توجد العوالق النباتية (بلانكتون) بشكل

يتواجد الطعام بوفرة في المياه القطبية.



يشكل فرو الدببة القطبية الذي يشبه صفاره لون القش تكيفاً خاصاً مع البرد. يركّز وبره نصف الشفّاف أشعة الشمس نحو جلد الحيوان الداكن لتسخينه.

وفير وتغتذي بها أسراب الكريل الكبيرة. تشكل هذه اللافقريات البحرية قاعدة السلاسل الغذائية في المناطق القطبية، وخاصة في المنطقة القطبية الجنوبية، حيث كل الحيوانات مفترسة وبحرية. وهي لا تأتي إلى اليابسة إلا لتتوالد.
بالنتيجة، وجدت حيوانات عديدة أفضل توافق بين بقائها على قيد الحياة ونجاح توالدها. فالطيور مثلاً، تكون معمّرة (من 70 إلى 80 سنة للقطرس)، وتصل إلى مرحلة البلوغ الجنسي متأخرة ولا تنجب إلا صغيراً واحداً كل سنتين بشكل عام. إن التوالد في وسط صعب إلى هذه الدرجة يستوجب هكذا استثمار طاقوي يلتزم به الوالدان متّحِدَيْن طويلاً لإنجاح هذا العمل وغالباً ما يتقاسما الأعمال بشكل عادل.
هكذا لدى القطرس الكبير، يتناوب الأبوان قرب صغيرهما تسعة أشهر خلال الشتاء الجنوبي. ونظراً لبعد مصادر الطعام فإن الصغير لا يحصل على وجباته إلا كل 4 أو 5 أيام. حتى يحصل القطرس الكبير على طعامه، خارج فترة التوالد، فإنه يقطع مسافة تتراوح بين 000 5 و000 8 كلم بشكل حلقي، خلال مدة شهر تقريباً. وخلال هذه الرحلات الطويلة، يقوم الطائر بتخزين مؤونة احتياطية. ولكن خلال فترة التوالد، تدوم الإقامة في البحر عدة أيام على الأكثر: يستعمل الحيوان عندئذٍ احتياطياته لإطعام صغيره.
أما الطرسوح الإمبراطوري الذي يتوالد على القارة القطبية الجنوبية في عز الشتاء، فإنه يظهر قدرة غير مألوفة على الصوم. حتى يبتعد عن الكواسر البحرية، فإنه يقيم مستعمراته بعيداً عن السواحل المجلدة، مما يبعده بالقدر نفسه عن مصدر الطعام. بعد وضع البيض، تذهب الأنثى للاقتيات في البحر، بعد أن تكون قد ضعفت إثر الصيام شهرين. يقوم الذكر بحضن البيضة حتى انفقاسها ثم يصوم أربعة أشهر. تعود بعدئذ الأنثى لتنوب عنه وتطعم صغيرها بواسطة التجشؤ. ينطلق الذكر بدوره للاقتيات في البحر. وبعد ذلك بشهرين تجتمع العائلة مع عودة الذكور إلى المستعمرة وعندها يمكن لها أن تغذّي الصوص. مع اقتراب موعد تصدع الجليد الساحلي تنتقل المستعمرة نحو البحر. تعيش الطراسيح فيه خلال ثلاثة أشهر وتجمع خلالها مؤونة احتياطية بانتظار فصل توالدها المقبل.
إذا كان لا يوجد زواحف أو ضفدعيات في هذه البقاع، فذلك لأن وحدها الحيوانات القادرة على إنتاج الحرارة، للمحافظة على درجة حرارة جسمها في مستوى أعلى من درجة الحرارة الخارجية، هي التي تتمكن من مقاومة البرد. هناك تكيفات تشكلية وفيزيولوجية وبيوكيماوية ضرورية. للحدّ من خسارة الحرارة، يجب قبل كل شيء تصغير مساحة التبادل مع الخارج. لهذا يلاحظ أن الحيوانات تكون ضخمة وذات شكل مستدير مع أطراف صغيرة.

هل تعلم؟

بفضل نظام زرع مؤجل للبيضة في الرحم، يمكن لأسود البحر التي تتواجد بكثرة قرب جزيرة أمستردام الواقعة ما دون المنطقة القطبية الجنوبية أن تجهض إذا تبين أن الموارد الغذائية غير كافية. لأن التوالد في هذه الحالة قد يعرض للخطر بقاءها على قيد الحياة.

يمكن زيادة تخفيض قيمة حاصل قسمة المساحة على الحجم (المساحة / الحجم) بفضل السلوك: فتنكمش الحيوانات على نفسها أو تتقارب كثيراً من بعضها البعض بشكل متراص. ■

بين ولادته في جنيف عام 1907 ووفاته في بولينيزيا عام 1995، سافر **بول - إميل فيكتور** إلى كل الصحارى الباردة. لقد أسّس هذا المستكشف العلمي، من بين ما أسّس، عام 1947 الرحلات القطبية الفرنسية. وقد قاد بشكل خاص في الخمسينات من القرن العشرين أول رحلة دولية كبيرة لدراسة المَجْلَدات، ضمّت رجال علم سويسريين وألمان ودانمركيين ونمساويين وفرنسيين.



توضيح

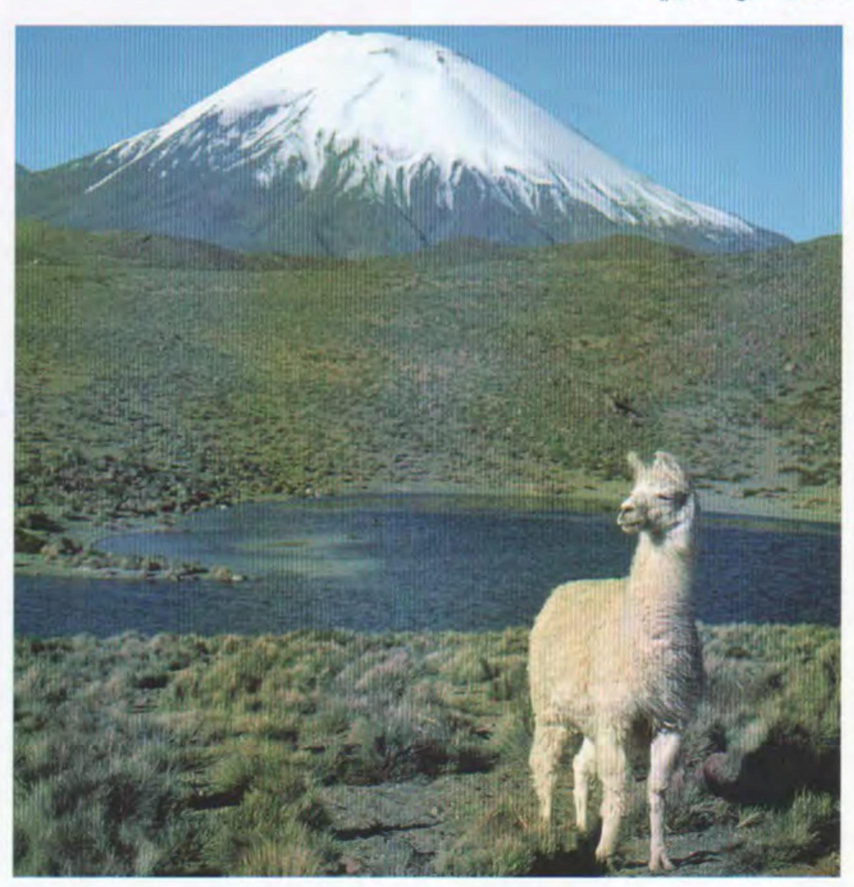
لقد تكيّفت طيور الطراسيح البحرية مع البرد وكذلك تكيفت مع الحشد. فعندما تكون على الجليد الساحلي تتجمع بشكل جماعات واسعة قد يتجاوز عديدها 000 300 ثنائي. وهي تتعرّف على بعضها بالصوت. نجح رجال العلم في إثبات أن الطراسيح تستعمل، إضافة إلى الثوابت الوسيطة - التردد، السعة، والمدة -، نظام ترميز خاص لا يخطئ في جو الضوضاء: إنها تطلق غناءها على موجتين قريبتين إلى حد ما. إذا شوّه ضجيج الحشد الأصوات، فإن الفارق بين الترددين يظل ثابتاً ويشكل سمة مميزة للفرد.



الجبال

الحياة على المرتفعات

على منحدر الجبل، تتدرّج الحياة في طبقات، لكن كلّما ارتفعنا عن سطح البحر، قلّ عدد أنواع الكائنات الحيّة. إن الكائنات الحيّة التي تعيش على مقربة من القمم متكيّفة بشكل جيد جداً مع البرد وخاصة مع نقص الأوكسجين.



في جبال الآند، تتحمّل حيوانات اللامة الارتفاع عن سطح البحر جيداً. فبالإضافة إلى فروتها السميكة، فإنها تمتلك خضاب دم (هيموغلوبين) يسمح تركيبه الخاص باستخراج كمية أوكسجين قصوى من الدم.

يجعل البرد وسطوع الشمس والانعزال والارتفاع عن سطح البحر من الجبال أوساطاً مناوئة. يؤدي كل ارتفاع مئة متر إلى انخفاض درجة الحرارة المحيطة بحوالى درجة مئوية واحدة، في حين أن قوة الريح لا تتوقف من جهتها عن الارتفاع، مما يزيد جفاف الهواء. وتشتد هذه الظاهرة مع سطوع أشعة الشمس التي تقوى مع الارتفاع عن سطح البحر. إضافة إلى ذلك، واعتباراً من ارتفاع 2 500م في المناطق المعتدلة وبين 5 000م و6 000م في المناطق المدارية، يدوم الثلج طوال العام.

لم تمنع هذه العوامل المناخية الصعبة الحياة من النمو. ففي حين أن الحياة تكون وفيرة ومتنوعة عند أقدام الجبال، تقل كثافتها على مقربة من القمم. إن النباتات الجبلية، المتكيفة مع الجفاف والبرد، تتميز بجذوع صغيرة وجذور هامة. حتى تقاوم الجنبات (كل شجرة تبقى صغيرة وإن شاخت) التشوهات الناتجة عن تعاقب الجليد وذوبانه، فإنها تمتلك خلايا صغيرة جداً ذات جدران سميكة. تفتقر أنسجتها إلى الماء ولكنها غنية بالأملاح المذابة، مما يخفض درجة حرارة تجمدها. فضلاً عن ذلك يسمح اللون الداكن لأوراقها بالتقاط الحرارة بشكل أفضل.

كلما ارتفعنا عن سطح البحر، تعاقبت طبقات مختلفة من النباتات. ففي جبال الألب، يقع الحد الأدنى للطبقة الجبلية بين 600م و800م وهي تتميز بغابات وريقة. فوق الطبقة الجبلية، تزيد المتساقطات والضباب، مما يكثف الجليد والثلج: إنها الطبقة شبه الألبية (من 1 500 إلى 2 500م). في المنطقة شبه الألبية السفلى، تأوي الغابات الصمغية البيسيات، والصنوبريات والأرزيات، في حين أن الأشجار يتوقف نموها أكثر فأكثر وتختفي شيئاً فشيئاً في الطبقة شبه الألبية العليا. تمتد الطبقة الألبية من ارتفاع 2 000م إلى 3 000م وهي تجمع ظروفاً مناخية غير مؤاتية للحياة. تظهر الثلوج الدائمة في هذه المنطقة. يكون فيها عالم النبات فقيراً جداً، وأخيراً تسيطر الطبقة الثلجية حتى قمة الجبل، حيث لا يوجد إلا بعض الأشنة (حزاز الصخر).

تملك حيوانات اللامة خضاب دم فعّال جداً لالتقاط الأوكسجين على الارتفاعات العالية.

مع الارتفاع عن سطح البحر، يقل عدد الأنواع النباتية. والشيء نفسه يقال عن الحيوانات التي تخضع لستة أشهر شتاء

على الأقل، اعتباراً من ارتفاع 000 2م. إن فقريات الجبال الشاهقة هي إذن نادرة. في جبال الألب، الحيوانات الثديية الرئيسية (ظبيان الجبل، العنز البري، المرموط، القواع البري) هي آكلة عشب. أما الطيور (العقد، حجل الثلوج، الغربان، سباع الطير) فهي أيضاً قليلة العدد. في المقابل، تكثر الحشرات، حتى على مقربة من الثلوج الحُبَيْبِيَّة. وحتى تحتمي من الرياح، تفتقر هذه الطيور عامة إلى الأجنحة.

حتى تتمكن الحيوانات من السكن في الجبال الشاهقة، فإنها تتمتع بقدرة متميزة على التقاط الأوكسجين، إضافة إلى تكيّفها مع البرد. فالارتفاع يسبّب في الواقع انخفاضاً سريعاً للضغط الجوّي. على ارتفاع 300 5م، يكون الضغط الجوي مساوياً لنصف قيمته على مستوى البحر. لا تؤثر هذه الظاهرة على تركيب الهواء، الذي يظل مكوناً من نفس النسبة من الأوكسجين ($\frac{1}{5}$) ولكنها تقلص جهوزية الأوكسجين بتخفيضها لضغطه الجزئي، وبالتالي لتركيزه. إلا أن انتشار الأوكسجين في الكائن الحي يتعلق بالاختلافات بين تركيز الأوكسجين في الهواء وفي الموائع الجسدية.

إن الهيموغلوبين، أو خضاب الدم، أو خضاب الكريات الحمراء، هو الذي ينقل الأوكسجين حتى الخلايا. بفضل الحديد الذي يحتويه الهيموغلوبين، يتمكن هذا الأخير من تثبيت الأوكسجين عند مستوى الرئتين. على الارتفاع العالي، تجد ذرات الحديد الموجودة في الهيموغلوبين صعوبة في تثبيت ذرات الأوكسجين.

بغية مواجهة هذا النقص في الأوكسجين، تتمتع حيوانات اللامة، المتكيّفة بشكل خاص جداً مع الارتفاع، بهيموغلوبين مختلف، يتشبّع بالأوكسجين على ضغوط جزئية أضعف بكثير من الضغوط الجزئية الموجودة لدى بقية الحيوانات. يكون إذن استخراج الأوكسجين الجوي، حتى في هواء الجبال المتخلخل (قليل الكثافة)، فعالاً جداً. هناك آليات تكييف تحدث لدى الإنسان وبقية الحيوانات الثديية. ترتفع نسب الهواء والدم لديها على كل المستويات: تنفس رئوي، انتشار بين الحويصلات والدم ومنسوب الدم الذي يضخه القلب. أخيراً، بعد تمضية عدة ساعات على ارتفاع عال يزداد عدد الكريات الحمراء. يمكن للقلب إذن أن يخفف سرعته، لأن عند كل نبضة يقذف كمية أكبر من الهيموغلوبين نحو الأنسجة، وبالتالي كمية أكبر من الأوكسجين. تستمر هذه السمات لدى السكان الذين يعيشون بشكل دائم على المرتفعات العالية. ■



في الجبال الأفريقية، مثل جبل كينيا الذي يبلغ ارتفاعه 200 5م، يتوزع عالما النبات والحيوان على طبقات. من السافانا حتى الطبقة الأفرو - ألبية تتدرج أشجار السنط، وأشجار حرجية وخيزران وأشنة وطحالب وشرونة، ولوبيلية عملاقة.

هل تعلم؟

واجه كل فرد حالة نقص أوكسجين هامة على الأقل مرة واحدة: في بطن أمه! إن بعض الأوكسجين الموجود في أنسجة الجنين هو في الواقع منخفض. يحدث الأمر كما لو أن الجنين الموجود في بطن أمه يعيش على ارتفاع عن سطح البحر يتراوح بين 000 7 و000 8م! يمكن مقاومة ضغط الأوكسجين في دمه بضغط الأوكسجين في دم متسلقي جبال همالايا. يتمتع الجنين بكثافة متزايدة لخضاب الدم إضافة إلى قدرة على تثبيت الأوكسجين تفوق قدرة الشخص البالغ.

أرقام

- يزداد البرد مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر. يترافق ارتفاع مسافة 000 1م مع انخفاض 10 درجات حرارة مئوية، مما يعادل انتقال مسافة 000 1 كلم باتجاه الشمال.
- عند قمة إفرست (848 8م) يبلغ الضغط الجوي ثلث الضغط عند مستوى سطح البحر. وهذا لا يمنع أبداً بعض الأوز البري من التحليق فوق الهمالايا خلال هجرتها.
- في جبال الألب، تتمكن بعض الأشنة وبعض فئران الحقل من البقاء على قيد الحياة حتى ارتفاع 700 4م. وفي جبال آسيا الوسطى، يصطاد النمر الأبيض أو نمر الثلوج الأوعال في الصيف حتى ارتفاع 000 6م.

توضيح

تسكن المَجْلدات الألبية حشود من الحشرات والعناكب الصغيرة المتكيفة مع البرد الشديد. تتكاثر فيها الحشرات البدائية من مجموعة براغيث المَجْلدات. فحشرة إيزو توماسالتان التي تنتمي إلى جنس البراغيث المذكورة تتكيف مع درجات حرارة تتراوح بين 5 درجات مئوية تحت الصفر و5 درجات مئوية، في حين أن رياح الشمال الشتوية لا تدخل في مرحلة السبات إلا على درجة حرارة 13 درجة مئوية تحت الصفر. هناك حشرة أخرى هي بسودا نوروفيس التي تنتمي إلى جنس براغيث المجلدات متكيفة للغاية مع البرد لدرجة أنها تتوالد في الشتاء في الهواء الطلق وتلتجئ في الصيف إلى «غرفة باردة» حقيقية، تحت الجليد أو تحت الركام!



المياه الراكدة

البحيرات، الأحواض، المستنقعات، البحيرات الشاطئية الضحلة

إن المسطّحات المائية القارية هي ذات أبعاد وتمركز وتركيب كيماوي في غاية التنوع. إن التوازن الذي وجد فيها بين عالمي الحيوان والنبات هو هشّ جداً.

من البرك الصغيرة إلى البحيرات الكبيرة، مروراً بالمستنقعات والبحيرات الشاطئية الضحلة (اللاغون)، تتخذ مسطحات المياه الراكدة كل الأحجام. وهي توجد منتشرة على مساحة القارات، على كل خطوط العرض وعلى كل الارتفاعات. إن أصغر حفرة رطبة، وأصغر حوض يأويان عالمي نبات وحيوان شديدي التأثر بالعوامل الخارجية (التركيب الكيماوي للماء والتربة المجاورة، الضوء، درجة الحرارة). تشكّل دراسة هذه الكائنات

على حافة البحيرات، أو في مياهها أو في قاعها تعيش حيوانات مختلفة.

الحية وتفاعلها مع المحيط، ما يمكن تشبيهه «بعلم البحار مطبقاً على البحيرات»، وهو ما يعرف بعلم البحيرات. إن المياه الراكدة، التي تتغذى من المياه الجارية والمتساقطات، تتحمّل بالمواد العضوية والمعدنية (ثاني أوكسيد الكربون، أزوت، أوكسجين) عند ملامستها الهواء والتربة. يؤدي التبخر إلى تركيز هذه العناصر ويمكن أن يؤدي إلى تكوّن أملاح، خاصة كلورور الصوديوم. كما أن الصخور المجاورة تجلب بدورها أملاحاً أساسية للكائنات الحية: كالسيوم، ماغنيزيوم، صوديوم، بوتاسيوم، حديد، مانغانيز... إن تغيرات التركيب الكيماوي للأوساط المائية القارية تؤثر إذن على استقرارها.
يكيّف الضوء التوزيع العمودي للكائنات



يتكوّن كل مسطح من المياه الراكدة من ثلاثة مجالات تسكنها كائنات حية متنوعة. الشاطئ هو مملكة الضفدعيات والنباتات المثبتة مثل القصب. تنمو العوالق المائية، إضافة إلى السوابح (التي تضم الأسماك) في المجال المحيطي، بعيداً عن الشاطئ. في الأعماق، أي في المجال القاعي (أو البنتوسي) تعيش كائنات حية مرتبطة بالتربة (رخويات، ديدان، حيوانات زاحفة وحيوانات حفّارة).

الحية في الماء. بقدر ما يلج الضوء بعيداً في الماء، فإن أشعته تمدّ بالطاقة الكائنات الحية التركيبية الضوئية التي تشكل قاعدة السلاسل الغذائية. في المقابل، وحدها الأنواع المتكيفة مع الظلمة أو القادرة على التنقل يمكنها أن تعيش في الجزء الأعمق.

كما هي الحال بالنسبة للمحيطات، تتوزع الحياة في البحيرات الكبيرة في ثلاثة مجالات: في المجال البلاجي، بعيداً عن الشاطئ، يعيش نوعان من الكائنات الحية. الكائنات التي تُعرف جماعياً باسم السوابح وهي قادرة على التحرر من ضغوط الوسط المباشر. فالأسماك مثلاً



في منتصف الطريق بين المياه العذبة والمياه المالحة، تأوي البحيرات الساحلية الضحلة عدة أنواع بحرية، نذكر منها خاصة الرخويات والقشريات وكذلك عدد من الطيور، كما تبدو في الصورة طيور النُّحام الوردي.



في بعض فترات السنة، كما يبدو هنا في حوض كامارغ، يمكن للطحالب أو لنباتات صغيرة أن تنمو بشكل ملحوظ.

تتحرك فيه بحرية. في المقابل، تخضع الكائنات مثل العوالق المائية التي لا تتنقل إلا وفقاً للتيارات النادرة، إلى ضغوط الوسط بشكل حقيقي. توفر العوالق النباتية، وهي طحالب مجهرية، القوت لحيوانات العوالق الحيوانية (يرقانات الحشرات، المدوسات، البرزويات أو حيوانات أحادية الخلية...).

يأوي المجال القاعي (أو البنتوسي)، من جهته، القاعيّات، أي مجموعة الكائنات الحية التي تعيش في القاع، وهي تضم البكتيريا، والديدان والرخويات ويرقانات الحشرات، وكذلك كائنات زاحفة أو حفّارة تظهر تشابهاً في وجوه عديدة مع عالم الحيوان في الأوساط الأرضية الباطنية.

أخيراً، يعتبر المجال الساحلي مملكة النباتات القنوية. إن هذه النباتات (الأسل، القصب) الثابتة في التربة، تشكل «حزاماً أخضر» في المياه القليلة العمق وتحيط بالبحيرة أو بالحوض. تنمو نباتات «طافية» مثل النينوفر أو عرائس النيل وسلق الماء في أمكنة أكثر عمقاً. تتحرك في جوارها أعداد من البكتيريا والطحالب والديدان والقشريات. تفضل الضفدعيات والسلاحف الضفاف. تشكل المسطحات المائية كذلك أمكنة مبيت أو محطات لطيور عديدة مهاجرة.

إذا كانت البحيرات تشكل منخفضات مغمورة بالمياه في القشرة الأرضية، فإن الأحواض شكّلها الإنسان اصطناعياً على تربة غير نافذة. هذا لا يمنع أنواعاً نباتية مثل القصب أو الأسل من النمو فيها. عندما يتوقف استغلال الأحواض، فإنها تتطور نحو حالة مشابهة لحالة البحيرات. لكن نظراً لقلة عمقها، فإن العمليات البيولوجية تكون فيها مسرّعة. على سبيل المثال، وفي بعض فترات السنة، يمكن لبعض أنواع الطحالب من التكاثر بشكل كبير. هذه الظاهرة هي أكثر ندرة في البحيرات حيث يلعب حجم الماء الكبير دور «المنظّم».

تقع المستنقعات على الحدود بين الوسط الأرضي والوسط المائي. كما في الوسط الأرضي، تكون المبادلات الفيزيائية الكيماوية مع الجو سريعة. لكن عالمي النبات والحيوان في المستنقعات هو ذاته بالنسبة للمسطحات المائية العذبة. إنها ليست الحال بالنسبة للشواطئ الساحلية الضحلة. فهذه البحيرات القليلة العمق تتصل مع البحر، وتخضع لتأثيره بشكل ثابت. وهكذا تجد عدة أنواع بحرية في هذه المياه الأجاج (شديدة الملوحة والمرارة) الظروف المؤاتية لبعض مراحل نموها.

للشواطئ الساحلية الضحلة أهمية كبرى في الزراعة المائية. يربي الإنسان فيها المحارات والقشريات (بلح البحر، المحار، الجنبري). فإذا كان التنوع البيولوجي في البحيرات الشاطئية الضحلة ضعيفاً إلى حد ما، فإن بعض الأنواع المتكيفة مع هذا الوسط الخاص تتكاثر بشكل جماعي.

إضافة إلى كون المستنقعات تشكل مستودعات مياه، فإنها غالباً ما تكون «أحواض أسماك» للإنسان. إن المسطحات الأكثر عرضاً، مثل البحيرات الطبيعية أو الاصطناعية، تغذي الزراعة والصناعة بالماء. وهي أنشطة تخلّ بتوازن هذه الأنظمة البيئية الهشة. ■

توضيح

تقع بحيرة فوستوك في قلب المنطقة القطبية الجنوبية، تحت سماكة 4 كلم من الجليد. يحاول رجال العلم الولوج إليها بكل الوسائل لأنهم يأملون باكتشاف بكتيريا فيها. وقاموا لذلك بحفر الجليد حتى مسافة 3600 م وتوقفوا على مسافة 120م فوق البحيرة مخافة تلويث هذه المياه المعزولة منذ أكثر من مليون عام. تنوي وكالة الفضاء الأميركية (الناسا) إرسال مسبار مزوّد بكاميرا. سوف تقوم الكاميرا «بتطهير نفسها ذاتياً» مباشرة قبل الولوج في الماء، وذلك بفضل مستوعباتها الصغيرة التي تحتوي على ماء ممزوج بالأوكسجين.

هل تعلم؟

على سطح المياه الراكدة تنمو أحياناً «زهور الماء» نتيجة للنمو المفرط لبعض الطحالب. وهكذا، عندما تصبح الظروف مؤاتية لتكاثرها، تطلق طحالب أنابينا أو بيدياسترّوم في الماء مادة تنشّط نموها. ولكن هذا المركّب يمنع، في الوقت نفسه، تكاثر معظم بقية أنواع الطحالب!

تفسير كلمات

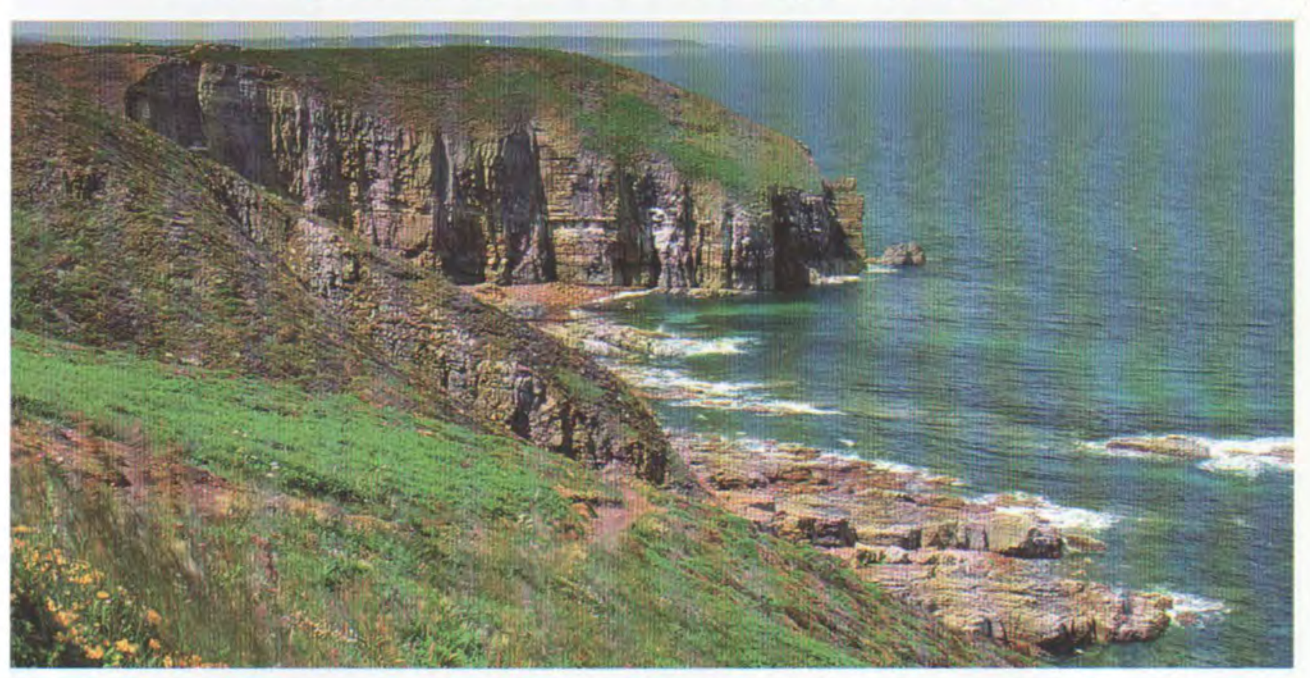
- يعني **علم البحيرات** بالكائنات الحية التي تعيش في مسطحات المياه الراكدة، إضافة إلى تفاعلاتها مع الوسط الموجودة فيه.
- يقع **الساحل** على مقربة من ضفاف مياه غير عميقة. في المقابل يعني النطاق **البلاجي** «العرض» أي المياه البعيدة عن الشاطئ. أما **المجال القاعي أو البنتوسي** فيعني القاع.



الشاطئ المحيطي

الشواطئ الصخرية، الرملية والموحلة

تتركّز الحياة البحرية على الشاطئ، وهي تتوزع على طبقات مختلفة تحدّدها مقاومة الأنواع المختلفة للجفاف وحاجات هذه الأخيرة إلى الإشراق الضوئي. لكن تبعاً لطبيعة الشواطئ، فإنها لا تأوي المكان نفسه.



يتركز القسم الأساسي في الحياة البحرية بمحازاة السواحل على الشاطئ. على الشواطئ الصخرية، كما يبدو في الصورة في بروتاني، تتوالى سلسلة من الطحالب الداكنة التي تأوي رخويات ومحارات وصلبان البحر وديدان حلقية وإسفنج... فوق هذه الطحالب تعيش بعض الرخويات والأشنة، في منطقة قلما تغمرها المياه.

المحيط هو شبه فارغ. تتركز الحياة البحرية عند السواحل بشكل رئيسي، في المنطقة الشاطئية الواقعة بين الحد الأعلى لحركات المد والجزر الكبيرة والعمق الذي يتحرك إليه الماء بفعل الأمواج. تتكيّف الحياة فيه بتأرجح المد والجزر، وبدرجة اختراق الضوء للماء وبطبيعة الأرض. هكذا فإن السواحل الصخرية والرملية والموحلة تأوي كائنات حية شديدة التنوع. تتوزع الأنواع بشكل عام عمودياً على الطبقات فوق الشاطئية، وسط الشاطئية، وتحت الشاطئية، وفقاً لمقاومتها للجفاف ولمتطلباتها في مجال التشمّس.

لا تتبلّل الطبقة فوق الشاطئية إلا بالرذاذ أو أثناء حدوث المد والجزر الكبيرين خلال الاعتدالين. تكون الأنواع التي تعيش فيها متكيفة بكل بساطة مع الوسط الرطب. على الشواطئ الصخرية توجد بعض الرخويات والأشنة التي يميل لونها إلى السواد. أما الشطوط من جهتها فهي آهلة بالقشريات وبمغمدات الأجنحة، أما في الرمل، الذي لا يكون جافاً إلا على السطح، فإن براغيث البحر تحفر فيه دهاليزها.

في المنطقة الواقعة تحت المدارين، يشكّل الشاطئ الموحل منغروفات أو غابات ساحلية (أو غابات القرم).

تشكل المنطقة الواسعة التي تحدث فيها تأرجحات المد والجزر الطبقة وسط الشاطئية. على الشواطئ الصخرية، تكون هذه الطبقة مكسية بطحالب داكنة موزعة بشكل «أحزمة». على سبيل المثال، بالإمكان التعرف بوضوح على طول شاطئ المانش، على تتابع عمودي لأربعة أحزمة من الطحالب. إن الطحلب بلفيسيا كانا ليكولاتا، المقترن بعالم حيوان فقير يشكل الحد الأعلى للطبقة. يأتي بعد ذلك طحلب فوكوس سبيراليس الذي يغذي المحارات الصغيرة المعروفة بالسندانية. يأوي حزام الطحلب فوكوس فيزيكولوسوس عالم حيوان أكثر تنوعاً يضم آكلات النفايات. أما قاعدة الطبقة، التي يسود فيها طحلب فوكوس سيراتوس فهي الأكثر غنى بالأنواع الحيوانية. تسكن هذه الطبقة أنواع المحار وبلح البحر التي تتحمل بصعوبة الطفو الطويل الأمد،

توضيح

إن حالات الوفيات لدى المرجان لم تتوقف عن الارتفاع. فالشُعب المرجانية في منطقة الكاريبي، التي تعد من بين الشعب الأخيرة ذات الصحة الجيدة، أضحت بدورها مهددة بالموت الأبيض. يعود أساس هذه المجزرة إلى سخونة المياه التي تؤدي إلى اختفاء طحالب الزوغزانتل التي تعيش بالتكافل مع المرجان. وهكذا تفقد المرجان ألوانها بعد حرمانها من طعامها الأساسي ثم تموت.

تفسير كلمات

يقسم الشاطئ، على السواحل الصخرية والرملية إلى طبقات ثلاث: **فوق الشاطئية، وسط الشاطئية وتحت الشاطئية.**

على السواحل الموحلة، يقسم الشاطئ إلى طبقتين: **الجزء الأعلى** من الموحل الشاطئي (جهة اليابسة) **والجزء الأسفل** من الموحل الشاطئي (جهة البحر).

المنغروف هي غابات تنمو على شطوط السواحل الموحلة في البلدان المدارية.

وكذلك أنواع الجوارح الطبيعية التي تفترسها (صليب البحر، ورخويات آكلة اللحوم)، وكذلك عدارات وديدان حلقية وحيوانات طحلبية وقربيات وإسفنج.

تختلف الطبقة وسط الشاطئية في الشواطئ الرملية كثيراً لأن الطحالب لا تتمكن من التثبت فيها. تحتل أنواع ذات أحجام كبيرة إلى حد ما مثل شوكيات الجلد والقشريات والأسماك سطح الرمل أو تختفي أحياناً فيه بحثاً عن فرائس صغيرة (الهدبيات، الحلقيات، الخيطيات) تعيش بين حبات الرمل.

تكون الطبقة تحت الشاطئية مغمورة تحت الماء بشكل مستمر، غير أنها يمكن أن تظهر خلال حالات المد والجزر الكبيرة أثناء الاعتدالين. وهي تشكل موطناً للأنواع التي تتطلب انغماراً مستمراً بالماء وإضاءة كثيفة، على طول الشواطئ الرملية، يتطابق الحد الأسفل لهذه الطبقة مع اختفاء معشبات النباتات المزهرة (نباتات الغمرة، المُعْشبات الكبيرة الغائصة تحت الماء). أما الطحالب الداكنة الكبيرة (اللمنارية) فإنها تتعلق على الصخور.

تنقسم الشواطئ الموحلة، المكونة من ترسبات ناعمة جداً إلى منطقتين، الجزء الأعلى من الموحل الشاطئي، من جهة اليابسة، والجزء الأسفل منه، من جهة البحر. يكون التنوع البيولوجي فيها فقيراً لأن الوحل يعيق حركة الماء والأوكسجين. لكن الأنواع التي تتحمل هذا الوسط تتمكن من تشكيل جماعات كبيرة. يأوي وحل مصب النهر، أو المرج المالح، عالماً حيوانياً ذا مصدر أرضي بشكل رئيسي، يضم مثلاً مفصليات الأرجل، التي تحفر جحورها في الوحل. وتشكل الديدان الحلقية، والمحارات (القبضية، القواقع، القفّالة) والجمبري الرمادي، التي تكون مختبئة في الجزء الأسفل من الموحل الشاطئي طعاماً خلال كل فصل شتاء، للكثير من الطيور المهاجرة (الطيور الطويلة الساق، طيور البُقْوَيْقَة، طيور الزقزاق). إضافة إلى ذلك، تلعب هذه المناطق دور الحاضنة لأسماك الموسى والترس التي تبدأ فيها نموها قبل الانتقال إلى عرض البحر.

في المناطق ما دون المدارية، يمكن للشاطئ الموحل أن يأخذ مظهر «غابة برمائية» حقيقية هي المنغروف. تأوي أشجار الشورى ذات الجذور الضخمة الهوائية المرتكزة على الوحل، عالم حيوان شديد التنوع. على الشُعب المرجانية الساحلية في القارات المدارية أو في بعض الجزر، يكون التنوّع البيولوجي أكثر غنى.

هل تعلم؟

في الغابات الساحلية (المنغروف)، تحتوي أوراق بعض الأشجار، مثل أشجار الشورى على غدد ملحية. حتى لا تتسمم النباتات بسبب كمية كبيرة جداً من الملح المستخرج مع مياه البحر، تقوم هذه الأحواض الصغيرة بتركيزه قبل تصريفه. لذلك تظهر بلّورات على سطح الأوراق، تقوم الأمطار أو الرياح بغسلها بعد ذلك.

ينتظم المرجان في مستعمرات وتفرز مديخاته بشكل مستمر هيكلاً كلسياً صلباً. تمدها بالغذاء طحالب الزوغزانتل التي تسكن داخل قناتها الهضمية، وتحلل فضلاتها إلى مادة عضوية قابلة للتمثيل. فضلاً عن ذلك، تسبح الشعب المرجانية في مياه ساخنة ومضاءة جيداً. يوجد قدر كافٍ من المعايير التي تساعد على انبثاق الحياة. لقد تعرّف علماء الأحياء على عشرات آلاف الأنواع على مقربة من الشعاب المرجانية. إن هذا الرقم هو بالتأكيد أقل من الرقم الحقيقي. ■



على السواحل الموحلة، يشكل الجزء الأسفل من الموحل الشاطئي (جهة البحر) متسعاً من الوحل مغطى بشكل منتظم بمياه المد والجزر، إنه خال من النباتات، لكنه يأوي كائنات حية بحرية حفّارة صغيرة. أما الجزء الأعلى من الموحل الشاطئي فيقع من جهة اليابسة، ويحمل نباتات نوعية متكيفة مع التربة المالحة.



المحيطات

وسط ذو ثلاثة أبعاد

هناك عدد وافر من الكائنات الحيّة تسكن المحيطات، وتكون معلّقة على الصخور، مستقرة في القاع أو سابحة في المياه، انطلاقاً من السطح وصولاً إلى الأغوار السحيقة. تتكيّف حياة هذه الكائنات بواسطة المشهد المحيط بها، الإضاءة، درجة الحرارة والتيارات البحرية.



تطورت الحياة على عمق 500 2م، قرب منابع المياه الحارة. في هذا الوسط المعتم، ترتكز السلاسل الغذائية على قدرة بعض البكتيريا على سحب طاقتها من المياه المكبرتة.

تغطي المحيطات 71% من مساحة الكرة الأرضية. إن هذه الكتلة الهائلة من المياه، التي تثبّت المناخ العالمي وتضبط الدورات الكيماوية، تأوي حشداً كبيراً من الكائنات الحية، حتى أعماق يتجاوز مداها 000 11م. إن التضاريس، التي تبدو أكثر وضوحاً في المحيطات منها في القارات، تنتظم في أربع مناطق رئيسية، وفقاً للعمق: الهضبة القارية، من عمق صفر إلى 200م، المنحدر القاري، الذي يهبط بانحدار خفيف، حتى عمق 000 2م، السهل اللجّي الذي يغوص حتى عمق 000 6م، وفيما أبعد من ذلك، توجد المنطقة السحيقة، مع خنادقها العميقة جداً. لكل منطقة من هذه المناطق، يمكن تمييز نطاقين: النطاق البلاجي (منطقة مائية بالكامل) والنطاق البنتوسي أو القاعي (قاع البحر).

خلال الليل، تصعد حيوانات كثيرة من الأعماق لتقتات على سطح المياه.

تتدنى درجة الحرارة انطلاقاً من سطح الماء لتصل إلى الصفر المئوي في الأعماق الكبيرة. يرتفع الضغط الهيدروستاتي (1 atm) وحدة الضغط كل 10 أمتار. كما أن الإضاءة والتيارات تحدد توزيع الأحياء.

تنشأ التيارات البحرية عن التأثيرات المتّحدة للرياح على سطح المياه وعن اختلافات درجات الحرارة بين سطح الماء والأعماق، وهي تتأثر كذلك بشكل الأحواض المحيطية وبدورة الأرض التي توجه اتجاهها. على المقياس العالمي، تنجذب التيارات البحرية من الشرق نحو الغرب بواسطة الرياح التجارية الثابتة. بعض التيارات، مثل تيار الخليج الدافئ تجلب مياهاً حارة، في حين أن تيارات أخرى، مثل تيار هامبولد، تحمل مياهاً باردة. هناك تيارات عمودية تمزج الماء والحياة، مسبّبة صعود المياه العميقة (تيارات تصاعدية)، فتنقل المادة والطاقة من السطح نحو العمق والعكس بالعكس. تسبب الرياح الدائمة، قرب السواحل الغربية لأفريقيا وأميركا، اجتذاب المياه العميق نحو السطح. وفي المناطق القطبية، يحدث أن المياه السطحية، الباردة والشديدة الكثافة هي التي تنحدر نحو العمق. يساعد هذا التيار العامودي، الذي يتميز بأهمية خاصة حول القارة القطبية الجنوبية، على صعود المياه المحملة بالعناصر المغذية التي تغذي كتلة حيوية تفوق بكثير الكتل الحيوية لبقية المناطق المحيطية.

تبعاً لنمط الحياة، بالإمكان التعرّف على عدة فئات من الأحياء. فالبلانكتون مثلاً يجمع كل الأحياء الطافية التي تحملها التيارات. بفضل الطاقة الشمسية، تنمو الطحالب على السطح. إن هذه الطافيات النباتية (أو العوالق) التي تشكل الحلقة الأولى من السلسلة الغذائية، تغذي الطافيات الحيوانية التي تضم



على غرار كل السوابح التي تشكل الأحياء المائية، باستطاعة سمك القرش الأزرق (الذي يبدو في الصورة وهو يلتهم فريسة) أن يتنقل عكس التيار على مسافات طويلة.

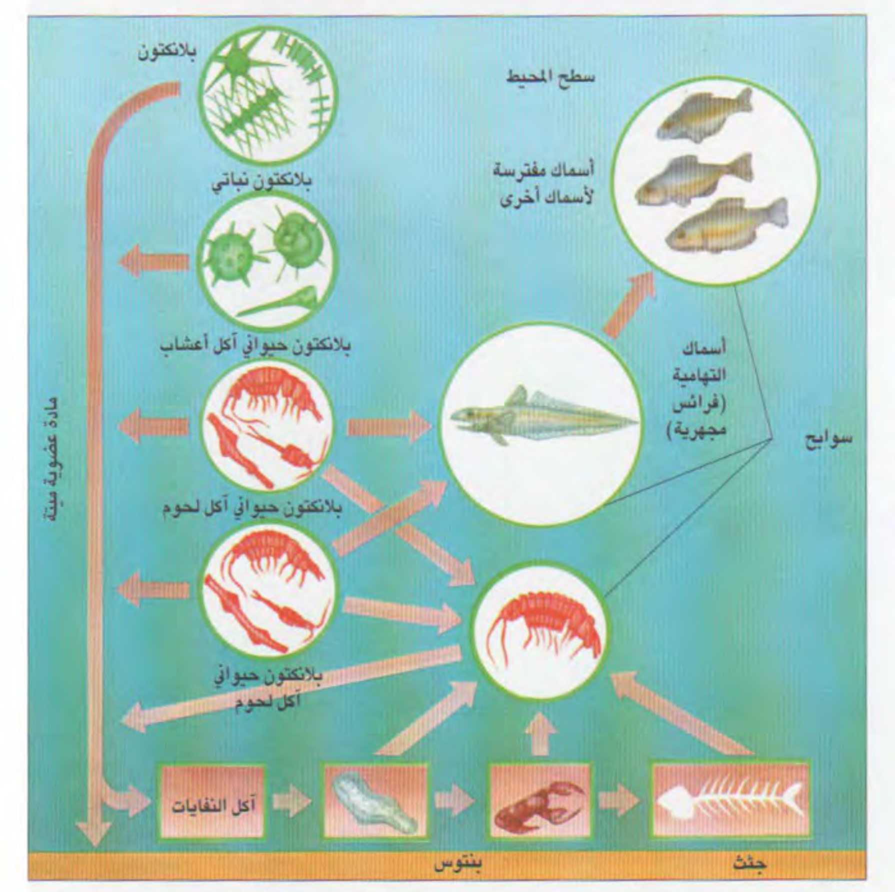
الحيوانات. تجمع السوابح كل الأحياء الموجودة في المياه والقادرة على التنقل بنشاط بعكس اتجاه التيارات (أسماك، ثدييات بحرية، رأسيات الأرجل، وبعض القشريات). لأسماك المياه السطحية جسم مستطيل يسمح لها بالعوم بسرعة. تشكل مجموعة الكائنات المرتبطة بالقاع البنتوس. وفيه تنتقل الأسماك قليلاً. أشكالها متنوعة وليست هيدرو ديناميكية بما فيه الكفاية.

تظل الطافيات النباتية، التي ترتبط بالضوء، قريبة من السطح. كما أن أحياء عديدة يتوجب عليها الصعود من الأعماق لتقتات من هذه الطافيات النباتية. كل يوم تقطع قشريات مسافة تزيد على 600م. إنها تصعد خلال الليل لتقتات ثم تنزل خلال النهار. تشكل هذه القشريات نفسها طعاماً لأنواع أخرى. بهذه الطريقة، تقام سلاسل غذائية حتى عمق 6 000م. لكن كلما اقتربنا من اللجة، قلّت كمية الغذاء المتاح وتختفي الحيوانات الكاسرة. عند أدنى مستوى من السهل اللجّي، تصبح المادة العضوية الميتة المصدر الوحيد للغذاء، وتصبح الكائنات الحية نادرة الوجود فيها أكثر فأكثر.

غير أن عالم حيوان بحري ذا غنى مدهش، يعيش على عمق 2 500م، قرب منافذ منابع المياه الحارة، حيث يتدفق مائع غني بالكبريت أو بالميثان مسخّن حتى درجة حرارة 350 درجة مئوية. هناك بكتيريا تستمد منه طاقتها، وهي تغذي بهذه الطريقة، في هذا الوسط المعتم، عالم حيوان غريب، تنتمي إليه الديدان المؤنبية (تعيش في أنبوب) العملاقة. تعيش هذه الديدان الضخمة بالتكافل مع بكتيريا داخل قناة كلسية طويلة. ■

هل تعلم؟

في منطقة الالتقاء القطبية الجنوبية، تسقط المياه الباردة وتدفع بالمياه العميقة إلى السطح. إنها تسيل ببطء في القاع حيث تمكث طويلاً. وهكذا يقدّر أن المياه تتحرك في المنطقة اللجّية بسرعة 8 سم في الثانية وتظل في الأعماق طوال 1 400 سنة!



في المنطقة المضيئة، على مقربة من سطح الماء، تستمد الطافيات النباتية طاقتها من التركيب الضوئي. وهي تشكل قاعدة معظم السلاسل الغذائية في المحيط. إنها تغذي في الواقع سلسلة من الأحياء المجهرية، التي تعرف بالطافيات الحيوانية، التي تغذي بدورها الأسماك. تنتقل الطاقة رويداً رويداً نحو القاع حيث تعيش حيوانات البنتوس.

تفسير كلمات

يمثل النطاق **البلاجي** المنطقة المائية البحتة، اما النطاق **البنتوسي** أو القاعي فينحصر في قاع البحر.

أما مناطق **التيارات البحرية** التصاعدية فتتميز بتيارات بحرية عمودية.

يضم **البلانكتون** كل الكائنات الطافية التي تتحرك بشكل سلبي وفقاً للتيارات.

تضم **السوابح** كل الكائنات الحية القادرة على التحرك بسرعة.

يضم **البنتوس** مجمل عالم الحيوان المرتبط بقاع البحار.



الحياة تحت الماء

تنوّع مدهش للتكيّفات

تمكّنت الأحياء البحرية من التكيّف مع العوائق التي يفرضها عمق موطنها. يتمتع كل نوع بوسائل معينة تسمح له بالطفو أو بالسباحة، بالتنفس أو بالغطس، على أعماق بسيطة أو في اللجج المحيطية.



تتمتع الحيوانات البحرية بعدة مظاهر تكيّف وفقاً للعمق الذي تعيش فيه. فعفريت البحر اللجي (ميلانوسيتوس جونسوني) الذي يعيش في الأعماق المظلمة الكبيرة، له عينان صغيرتان قليلتا الفعالية. يقتصر غذاؤه على الطعام الذي يسقط من سطح الماء، كما أنه يظهر مقاومة مدهشة للصوم.

طورت الأحياء البحرية أوجه تكيف مختلفة للبقاء على قيد الحياة في موطن تتغير مميزاته وفقاً للعمق. فبقاء البلانكتون على قيد الحياة، وهو الذي يطفو وفقاً للتيارات، يرتبط بشكل وثيق بالأشعة الشمسية، لذلك يتوجب على الأحياء البلانكتونية أن تظل قريبة من سطح الماء، في طبقة الماء المضاءة. غالباً ما تُحل مشكلة الطفو، بواسطة حجم صغير،

يبدو المحيط مقفراً تقريباً، في الأعماق التي تتجاوز 000 2م.

أو شكل شبيه بالقرص أو لولبي، أو بهيكل داخلي أو خارجي (صدفة وقوقعة) خفيف الوزن، أو بزيادة كمية الماء في داخلها مما يعطيها مظهراً هلامياً (المدوس). يمكن للكثير من الأنواع أن تمكث على عمق ثابت وذلك بقيامها ببعض الحركات السباحية.

من جهتها، تتحرك الأحياء المائية أو السوابح (أسماك، حبّارات، حوتيات) بحرية في الماء، بفضل جسمها المغزلي الشكل وزعانفها المتطورة. وهي تتنقل غالباً بشكل أسراب حتى تفلت من الحيوانات التي تفترسها. للأسماك والقشريات والرخويات خياشيم تمتص بفضلها 90% من الأوكسجين الذائب في الماء.

تشكل الحوتيات (الدلافين، الحيتان والعنابر) أكبر الحيوانات التي تمثل السوابح. بالرغم من أنها تتنفس الهواء،

أرقام

- يمكن لفقمة ويدل أن تغوص لمدة ساعتين تقريباً وأن تبلغ عمق 600م. يمكن لحيوان العنبر أن ينزل حتى عمق 000 3م!
- تأوي المياه البحرية أكبر حيوانات كوكب الأرض: 33م و150 طن للحوت الأزرق، 17م و4 أطنان للحبارة العملاقة، وهي الأكبر من بين اللافقريات.
- يستهلك الهركول المتوسط الحجم (20م) من 1.5 إلى 2 طن من البلانكتون يومياً. لهذه الغاية، يقوم بتصفية اكثر من 000 1م مكعب من الماء.

فإنها تتمكن من الاستقصاء على مسافة 000 1م تقريباً. خلال ارتفاع الضغط الذي يحدث أثناء غطس الحيوان، يذوب أزوت الهواء ويمر من الرئتين نحو الدم ثم نحو الأنسجة. إذا كان الصعود سريعاً جداً، لا يتم إزالة الأزوت الذائب، فيشكل فقاعات صغيرة قادرة على البقاء محصورة في الأوعية ومن شأنها أن تشل الحيوان. لتجنب إصابات الطفو هذه، تحتوي رئتا الحوتيات على فرز دهني يتميز بقدر امتصاص للأزوت تفوق ست مرات قدرة الامتصاص الموجودة في الدم. فعندما يعود الحيوان إلى السطح، فإنه يتخلص منه بالنفخ عبر المنخر.

إن تكيّف فقمة ويدل مع الغطس معروف أكثر من غيره. بإمكان هذا الحيوان الثديي أن يثبت ويكدس، في دمه وعضلاته كمية هائلة من الأوكسجين. خلال عملية الغطس، تقتصد الفقمة هذا الأوكسجين. تتباطأ نبضات قلبها فينخفض منسوب الدم ويستقر الضغط الدموي الطبيعي، في حين أن الشرايين تكون مضغوطة. يكون القلب والدماغ والكبد والعضلات معزولة تماماً تقريباً عن بقية الأعضاء التي يتوقف حقنها بالدم. بغية تجنّب إصابات الطفو، تقوم الفقمة بإخراج الهواء (زفير) قبل الغطس، فتقلل بذلك كمية الغاز في الرئتين.

بالنسبة لحيوانات البنتوس، فإنها تعيش على القاع أو بالقرب منه، يقتصر غذاؤها إذن على الإمدادات الغذائية التي تسقط بالصدفة من السطح. الكثير من هذه الحيوانات، مثل القشريات الراجلة وبعض أسماك القرش التي تعيش في الأعماق، تتغذى من الجيف. البعض الآخر، مثل الديدان البحرية وقثاء البحر، تتغذى من الأجزاء والبقايا الناتجة عن تصفية الترسبات.

باستثناء هذه العقبان وآكلات النفايات، تعتبر الأعماق البحرية، المعتمة والمجلدة، صحراوية. غير أنه على محور الخطوط المحيطية، قرب منابع المياه الحارة التي تنبثق منها مياه ساخنة جداً غنية بالهيدروجين المكبرت، تنمو واحات حقيقية تعجّ بحياة مدهشة. تحوّل بكتيريا الهيدروجين المكبرت والميثان إلى طاقة كيماوية تستعملها لاحقاً لتثبيت ثاني أوكسيد الكربون وتركيب جزيئات عضوية. هذه البكتيريا متكيفة مع ظروف شديدة القسوة: إنها تقاوم ضغوطاً تصل إلى عدة مئات من وحدة قياس الضغط الجوي (atm) وتنمو بشكل أفضل بين 105 و110 درجات مئوية! إنها تشكل الحلقة الأولى في سلسلة غذائية مستقلة تماماً عن ضوء الشمس، وتضم أسماكاً وحلقيات ومَعَديات الأرجل، وقشريات متنوعة، عمياء، يخلو معظمها من الخضاب تماماً. البعض من هذه البكتيريا يعيش بالتكافل مع مضيفيها، مثل حيوانات كبيرة ذوات الصدفتين أو ديدان مؤنبة عملاقة (تعيش في أنبوب تصنعه). على غرار بقية سكان الأعماق، تبدو معظم هذه الأنواع ذات أحجام مفرطة في الكبر، ولكن ما زالت أسباب هذه العملقة مجهولة حتى الآن. ■

هل تعلم؟

بعض الحيوانات هي مضيئة حيوياً، في عتمة الأعماق البحرية. هناك أسماك عديدة تستعمل إشارات ضوئية لتتعرف على بعضها. وكذلك لخدع فرائسها. إنها الحال مع الأخطبوط البرتقالي ستوروتويتس سيرتنسيس الذي يعيش على عمق 900م. تبعث الأفواه المزيفة في أذرعته الثمانية ضوءاً أزرق - أخضر اللون يجذب القشريات الصغيرة. تظن هذه الأخيرة بأن ذلك ناتج عن وجود بلانكتون مضيء حيوياً تتغذى به، لكن هذه الأحياء تدخل رأساً في فم الحيوان الكاسر.

توضيح

تثير بكتيريا منابع المياه الحارة اهتمام الصناعيين كثيراً. فخصائص هذه الأحياء المحبة للحرارة والقادرة على المقاومة على درجات حرارة أعلى من 100 درجة مئوية، يمكن الاستفادة منها في الإنتاج الزراعي الغذائي، والعطور وتبييض عجينة الورق، وحتى في الهندسة الجينية التي كانت الأولى في استعمالها. في المقابل، يمكن استعمال البكتيريا المحبة للرطوبة، التي تظل حية على درجات حرارة باردة جداً لإنتاج منظفات يمكن أن تغسل على درجات حرارة منخفضة.



إن فقمة ويدل متكيّفة مع الغطس بشكل متميز. حتى يتمكن من النزول إلى عمق 600م لمدة ساعتين تقريباً، يستعمل هذا الحيوان الثديي سلسلة من الآليات المدهشة.



عالم باطن الأرض

مخلوقات الظلام المذهلة

لا تصل أشعة الشمس إلى باطن الأرض. لهذا السبب لا يوجد في المغاور نباتات أو طحالب تقتات بها الحيوانات. غير أن باطن الأرض يسكنه عالم حيوان غريب، يعيش في عتمة مطلقة.



هذا الحيوان العجيب نصف الشفاف والأعمى الذي ينتمي إلى القشريات وله قرنا استشعار طويلان هو واحد من الحيوانات الغريبة التي تمّ اكتشافها في مغارة موفيليه (رومانيا) المعزولة عن سطح الأرض منذ عشرات آلاف السنين. تمكنت سلسلة غذائية كاملة من النمو بالرغم من العتمة الكاملة.

للوهلة الأولى، تبدو المغاور مقفرة. غير أن عيناً فطنة تكتشف بسرعة سكان عالم باطن الأرض: حشرات وقشريات خالية من الخضاب، تملك أعضاء نحيلة ومستطيلة، ولها عيون متدنية الأداء لا تقوم بوظيفتها.

بسبب العتمة الكاملة التي تسود باطن الأرض، غالباً ما تعتبر هذه البيئة كوسط شديد القسوة. بدون ضوء، يكون

حتى تتمكن الأحياء التي تقيم في الكهوف من الاقتصاد في الطاقة فإنها تعيش في حالة الإبطاء.

التركيب الضوئي في الواقع مستحيل الحصول. أما النباتات التي تشكّل الحلقة الأولى من السلاسل الغذائية فهي غير موجودة. غير أن الظروف تختلف كثيراً بين مدخل مغارة وعمق أخدود. تحدد طوبوغرافيا الكهف عدة مواطن يتسم سكانها بعدة درجات من التكيّف مع عالم باطن الأرض.

إن منطقة المدخل، التي تتلقى أشعة الشمس، شبيهة ببيئة سطح الأرض. تنمو فيها عدة نباتات خضراء، كما تكسو الطحالب جدران الفجوة الرطبة. يمكن إدراك التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة والرطوبة في هذه المنطقة. وعند الدخول أكثر إلى الأمام تنخفض سعة التغيرات الحرارية وترتفع الرطوبة. تأوي هذه المنطقة الانتقالية أنواعاً تعيش على سطح الأرض وكذلك أحياء تسكن الكهوف بشكل طارئ، وهي تعيش عامة في المغاور

تفسير كلمات

- **البيولوجيا الكهفية** هو العلم الذي يدرس بيولوجيا حيوانات باطن الأرض.
- **الحيوانات الكهفية** هي الحيوانات التي تسكن الكهوف. وفقاً لدرجة تكيفها مع هذا الوسط، بالإمكان التمييز بين **سكان الكهوف** بشكل طارئ أي الحيوانات التي تعيش عادة في المغاور ولكنها تغادرها للبحث عن القوت، **وأليفي الكهوف** أي الحيوانات التي تستطيع إتمام كل دورة حياتها في باطن الأرض ولكنها قادرة أيضاً على العيش على سطح الأرض. **وقاطني الأعماق** أي الحيوانات الكهفية الحقيقية المستوطنة في هذا الوسط بشكل دائم.

لكنها تغادرها بحثاً عن الطعام، توجد أحياء أخرى يمكنها إتمام كل دورة حياتها في وسط باطن الأرض ولكنها قادرة أيضاً على العيش على سطح الأرض. إنها أليفة الكهوف. في عمق المغاور، تكون الظروف مستقرة للغاية. تقارب درجة الرطوبة عادة نسبة 100%، كما أن درجة الحرارة تساوي المعدل السنوي الوسطي لدرجات الحرارة على سطح الأرض، مع تغيرات قلما تتعدى 0,1 درجة مئوية. إنه نطاق الأحياء قاطنة الأعماق التي تعتبر حيوانات كهفية حقيقية متكيّفة تماماً مع هذا الوسط.

حتى تتمكن الحيوانات الكهفية من العيش، تستمد طاقتها من المواد العضوية المنتجة على سطح الأرض والمنقولة إلى باطن الأرض بواسطة مجاري المياه أو المياه المتسربة. أما الحيوانات التي تصل بالمصادفة إلى داخل المغاور فإنها تحسّن وجبات طعام الحيوانات الكهفية. إزاء هذه الموارد الغذائية المحدودة والصدفوية، تمّ عمل كل شيء من شأنه الاقتصاد في الطاقة. يفرض استقلاب الحيوانات الكهفية، البطيء جداً عليها نمواً متطاولاً وحركات بطيئة، ولكنه يعطيها أيضاً عمراً طويلاً ومقاومة متميزة للصوم الطويل الأمد.

كل جهاز غير نافع يختفي. فالحيوانات الكهفية عمياء: في بداية نمو الحيوانات، تتطور الأعين بشكل طبيعي، لكنها تتراجع وتغوص تحت الجلد الذي يزول الخضاب منه بسبب غياب أشعة الشمس. حتى تتمكن الحيوانات قاطنة الأعماق من التنقل وتحديد موقع فرائسها، تستعمل جهازها الشمّي المتطوّر جداً. وحتى تتمكن من الحركة دون اصطدام، فإنها تحسّ ما يحيط بها مباشرة بواسطة



الضفدع المبرقش (بروتس أنغينوس) هو الحيوان الكهفي الفقري الأوروبي الوحيد. إنه أعمى وخال من الخضاب وله مُتْك (مقدم الرأس) مستطيل وأعضاء نحيلة. إنه يجمع أوجه التكيف الرئيسية مع وسط باطن الأرض.

هل تعلم؟

المرة الأولى التي شوهد فيها ضفدع مبرقش كانت عام 1865. فقد ظهر على سطح الأرض بعد ارتفاع كبير للمياه الجوفية. وقد ظنه الناس يومها... صغير تنين! ومنذ ذلك الوقت أطلق عليه رجال العلم تسمية بروتس أنغينوس. لكن السلوفانيين الذين جعلوا منه شعارهم، أسموه «السمكة البشرية» بسبب لونه الأبيض الوردي.

قوائمها الطويلة وقرون استشعارها المفرطة في الطول.

للحشرات مظهر غريب بسبب أجنحتها الصغيرة أو الغائبة وهلباتها اللمسية (شعرات لمسية) المتطورة جداً. إن القشريات التي تسكن الأنهار الجوفية تشبه كثيراً أبناء عمها التي تعيش على سطح الأرض لكنها أقل تلوناً وتملك أنوفاً أكثر طولاً. الأمر ذاته يقال عن الأسماك. في المقابل، الفقريات نادرة جداً: الحيوان الكهفي الفقري الأوروبي هو الضفدع المبرقش. إنه يسكن في بعض مغاور سلوفانيا والبلدان المجاورة، ويبلغ طول هذا الحيوان البرمائي حوالى 20 سم في سن البلوغ. يصل إلى النضج الجنسي في عمر 14 عاماً ويعيش أكثر من 60 سنة.

الميزة الأساسية لوسط باطن الأرض هو غياب المنتجين الأولين، إلا أن مغارة موفيليه (رومانيا) التي اكتشفت عام 1986 تعتبر استثناءاً. فهذه المغارة القريبة من البحر الأسود تتغذى من المياه المعدنية الحارة المحملة بالهيدروجين المكبرت وثاني أوكسيد الكربون والميثان. كما في المنابع المائية الحرارية الكائنة تحت الماء، تسمح هذه الغازات للبكتيريا بإعطاء المادة العضوية إلى كل النظام البيئي. 75% من الأنواع الأرضية و28% من الأنواع المائية المكتشفة في مغارة موفيليه كانت مجهولة حتى ذلك التاريخ. معظم هذه الأنواع مجرّدة من العيون والخضاب، لكن تنوع تراجعها البصري يعطي الدليل على مزيج من عالم حيوان قديم وحديث، ناتج عن استعمار حدث في حقبات مختلفة. تعتبر مغارة موفيليه المثل الوحيد المعروف اليوم على هذا النوع. ■



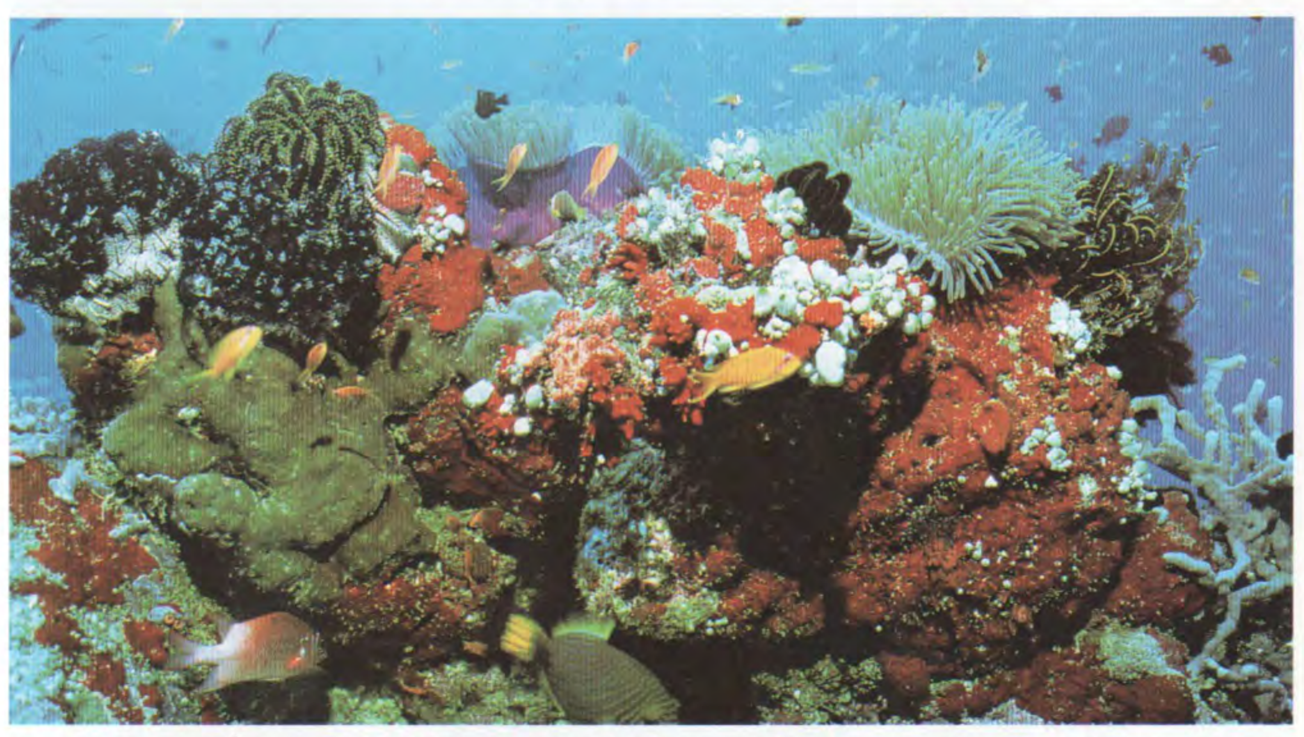
تعتبر الوطاويط رمزاً لوسط باطن الأرض، غير أنها لم تتكيّف حقيقة معه. ففي الواقع، ينبغي على هذه الخفافيش الكبيرة التي تشبه الفأر أن تترك مغاورها بحثاً عن الطعام.



التنوّع البيولوجي

إحصاء كنوز الطبيعة

تمّ إحصاء مليوني نوع من بين الثلاثين مليون المحتمل وجودها. لكن التنوّع البيولوجي الذي يظهر أنه الضامن للتوازن البيئي على كوكب الأرض، ما زال غير معروف بشكل جيد.



تشكل الشعاب المرجانية في البحار الحارة النظام البيئي البحري الأكثر غنى. فقد تمّ التعرّف فيه على حوالى 000 50 نوع مختلف، لكن وفقاً للتقديرات، قد يتراوح عددها الحقيقي بين 000 360 و000 625.

في مؤلفه Systema naturae (1758)، يصف السويدي كارل فون لينيه، المصنف الأول في العصر الحديث، أكثر من 000 9 نبتة وحيوان. وهكذا برز في القرن الثامن عشر إحساس بتنوع الأحياء. أما المفهوم الحديث للتنوع البيولوجي فقد رأى النور خلال السبعينات، عندما أدرك علماء البيئة أن أنشطة الإنسان المدمرة تسرّع في اختفاء الأنواع. إن كلمة «تنوع بيولوجي» التي ظهرت عام 1988، تغطي ثلاثة مظاهر للتنوع البيولوجي: نوعي (تنوع شامل للأنواع)، بيئي (تنوع الأنظمة البيئية) وجيني (تنوع المواريث الجينية).

بالكاد تمّ إحصاء مليوني نوع في حين أن عددها الحقيقي قد يتراوح بين 5 و30 مليون. إن هذا التعداد شاق خاصة وأن مفهوم النوع ما زال مبهماً: ينتمي فردان إلى النوع نفسه إذا كانا قادرين على التوالد طبيعياً وإنجاب ذرية تكون بدورها مُخصبة. يتناسب هذا التحديد مع الغالبية العظمى من الحيوانات والنباتات لكنه لا يتكيف جيداً مع الأحياء المجهرية، التي يمر تكاثرها عبر التوالد اللاجنسي. غير

قد يبلغ عدد الأنواع المدارية ضعفي عدد الأنواع في المناطق المعتدلة.

أن إحصاء الأنواع يفترض معرفة كنه الأشياء المحصاة!.

بالرغم من هذه الشكوك، بالإمكان اليوم رسم صورة تقريبية للتنوع البيولوجي. تسود النباتات المزهرة مملكة النبات وأكثر من نصف الأنواع الحيوانية هي من الحشرات. تبدو الأحياء المجهرية والفطور كثيرة العدد للغاية لكنها ما زالت غير معروفة كثيراً. يوجد على الأرض كما في البحر مجال متصاعد للتنوع البيولوجي يذهب من القطبين حتى خط الاستواء: قد يكون عدد الأنواع المدارية مساوياً لضعفي عدد الأنواع في المناطق المعتدلة. غير أن التنوع البيولوجي هو أكبر إلى حد كبير في الوسط الأرضي منه في

أرقام

- كل عـام يجري وصف ما بين 10 000 و12 000 نوع جديد في العالم، يكون نصفها من الحشرات.
- إن التنوع البيولوجي للمحيطات غير موزع بشكل منتظم. وهكذا يقدر بأن 80% من الأسماك هي شاطئية في حين أن 20% منها تعيش في المياه العميقة.
- من بين 2 000 نوع من أشجار التفاح التي نبتت في يوم من الأيام في فرنسا، حوالى العشرة منها فقط هي التي ظلّت حيّة.

المحيطات. أخيراً يملك كل وسط كبير واحة الحياة الخاصة به: الغابات المدارية على اليابسة والشعاب المرجانية في البحر. للمقارنة بين منطقتين، لا تكفي مقارنة غناهما بالأنواع. يجب كذلك الأخذ بعين الاعتبار الوظائف التي تقوم بها هذه الأنواع في الوسط الموجودة فيه. على سبيل المثال، في نفس نظام بيئي معين، تستهلك أنواع عديدة الأوراق الحية، وتفترس أنواع أخرى القوارض الصغيرة، وتحلل أنواع أخرى أيضاً المادة العضوية. في الواقع، يحتوي النظام البيئي على عدد معيّن من المجموعات الوظيفية لأنواع مختلفة لكنها تقوم بالوظيفة البيئية نفسها. كلما ضمت مجموعة وظيفية عدداً أكبر من الأنواع، كانت أقل هشاشة. إن الحفاظ على التنوع البيئي هو إذن ضروري لتوازن الأنظمة البيئية.

إن التنوع البيئي هو جيني أيضاً. فكل نوع في الواقع يتميّز بتنوّع أفراده. وبالتالي يمكن تحديد وسط «بموارده الجينية» بطريقة تتعدى الأنظمة البيئية والأنواع. فهذه الموارد هي التي تبلور الرهانات الاقتصادية للتنوع البيولوجي. إن رجال العلم والسياسيين والصناعيين يرغبون في إحصاء الأنواع لأسباب عديدة. فالنباتات البرية مثلاً يمكن أن تشكّل مصادر جديدة لأطعمة أو أن تكوّن مستودعات لجينات يمكن استعمالها لتحسين النباتات المزروعة. يهم التنوع البيولوجي بشكل خاص عالم الصحة لأنه يسمح بإعداد عدد من الأدوية. وهكذا من نبتة عناقية (كاتارانتوس روزوس) في مدغشقر، تمّ عزل قلويدين فعالين في معالجة لوكيميا الأطفال. ومنذ ذلك الوقت، ارتفع معدل بقاء الأطفال المرضى على قيد الحياة من 10% إلى 95%! أما بالنسبة للضفدعة السامّة إيبيبيدوباتس الثلاثية الألوان الاستوائية التي كان يستعملها الهنود قديماً لأسهمهم المسممة، فإنها تفرز مركباً له فعالية تساوي ضعفي فعالية المورفين، وهو يستعمل حالياً في معالجة الألم. كما أن عدة مضادات للسرطان قد استخرجت من حيوانات القريّة والحيوانات الطحلبية والإسفنج والطحالب الحمراء والبكتيريا...

يحتوي التنوع البيولوجي إذن على قدرة اقتصادية هائلة. لقد وقّعت السلطات السياسية لمعظم بلدان العالم عام 1992، خلال اجتماعها في ريو دو جانيرو، اتفاقية حول التنوع البيولوجي. تمنح هذ الاتفاقية لكل دولة ملكية الأنواع الت تعيش على أراضيها وتنيط به مسؤوليتها عنها. ■

هل تعلم؟

بغية إحصاء الحشرات التي تعيش عند قمة الأشجار، ابتكر الباحثون تقنية حاسمة لكنها فعالة: يقومون بتبخير مبيد للحشرات على ظلة الغابة، فوق غطاء المحاصيل. ثم يحاولون تحديد الأنواع التي جمعت بهذه الطريقة. تُعرف هذه التقنية باسم fogging، من الكلمة الإنكليزية fog التي تعني الضباب.

المجموعات	عدد الأنواع الموصوفة	عدد الأنواع المحتملة
فيروس	3 500	30 000 ؟
بكتيريا	4 500	من 500 000 إلى 5 ملايين
فطور وأشنة	70 000	أكثر من 100 000
طحالب (وحيدة الخلية ومتعددة الخلايا)	27 000	50 000
نباتات	280 000 (منها 240 000 نباتات مزهرة)	أكثر من 350 000
برزويات	32 000	100 000 ؟
إسفنج	8 000	30 000 ؟
عدارات رئوية ومشطيات	9 000	أكثر من 10 000
عريضيات (ديدان مسطحة)	25 000	50 000 ؟
خيطيات (ديدان مستديرة)	15 000	1 مليون؟
حلقيات	12 000	15 000
رخويات	60 000	120 000
حشرات	870 000	من 3 إلى 15 مليون
قشريات	42 000	50 000
عنكبوتيات	75 000	أكثر من 100 000
شوكيات (أو قنفذيات) الجلد	6 000	7 000
أسماك	19 000	25 000
ضفدعيات	4 200	4 500
زواحف	7 500	9 000
طيور	9 600	10 000
ثدييات	4 500	5 000
مجموعات متنوعة	26 000	50 000 ؟
مجموع المملكة الحيوانية	1 225 000 نوعاً	
المجموع العام التقريبي	1 610 000 نوعاً	



الجغرافيا الحيوية

تفسير توزيع الأنواع

تدرس الجغرافيا الحيوية توزيع الأنواع على سطح الكرة الأرضية. هناك مقاربتان ممكنتان للموضوع، الأولى تاريخية والثانية بيئية. تهتم الجغرافيا الحيوية التاريخية بالظروف الماضية التي حددت مواطن مجموعات الأحياء المتنوعة. كذلك تحاول إعادة تشكيل «تاريخ» الأنواع. أين ظهرت ومتى؟ هل انتقلت بعد ذلك إلى أمكنة أخرى؟ كيف؟ ما هي الطرق التي اتبعتها؟ يستلزم ذلك معرفة جيدة لأنواع المستحاثات وتاريخ الأرض الجيولوجي. في الواقع إن طفاوة القارات أو تجزأها

صحراء باردة
توندرا
غابات مخروطية في نصف الكرة الأرضية الشمالي
غابات مختلفة من الأشجار الورقية والمخروطيات
غابات تفقد أوراقها في الشتاء أو في الفصل الجاف في المناطق المعتدلة
سهوب من النجيليات
صحراء حارة
غابات متوسطية يابسة الأوراق
شبه صحراء
سافانا وغابات منيرة مدارية تفقد أوراقها في الشتاء أو في الفصل الجاف
غابات ظليلة مدارية
نظام بيئي جبلي (منطقة معقدة)

مدار السرطان
الإمبراطورية الأوقيانية
الإمبراطورية الهندية - المالية
خط الاستواء
الإمبراطورية الأسترالية
مدار الجدي

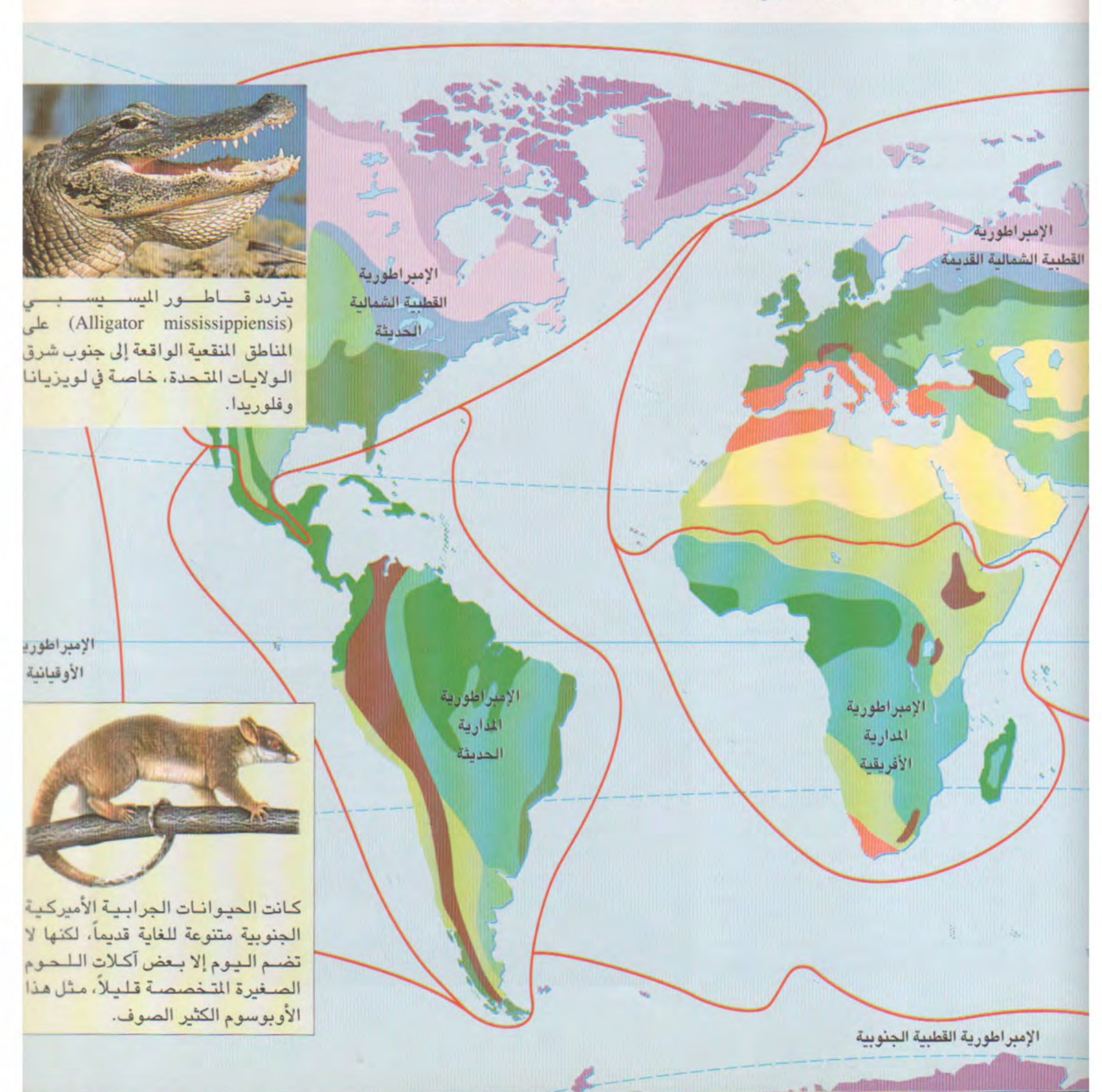
مع أن هذا القاطور الصيني (Alligator sinensis)، يقترب من النوع الأميركي، فإنه يعيش في الحوض الأسفل لنهر يانغ - زي - يانغ في الصين، على مسافة تبعد 14 000 كلم من الولايات المتحدة.

إن الحيوانات الجرابية الأسترالية هي أكثر تنوعاً بشكل واضح من الحيوانات الجرابية الأميركية الجنوبية، لكنها فقدت 20% من نوعها منذ وصول الإنسان، قبل 50 000 سنة.

تشكل الكائنات الحيّة، على سطح القارات، مجموعات واسعة تابعة بشكل وثيق للمناخات ومتماثلة بتشكيلات نباتية نوعية: البيوم أو المجتمعات البيئية. لبعض الأنواع توزيع مدهش. فالنوعان الحاليان للقاطور (تمساح أميركا) تفصل بينهما عدة آلاف من الكيلومترات. كما أنه لا يوجد حيوانات جرابية إلا في أميركا الجنوبية (الأوبوسوم)، وخاصة في أستراليا (الكنغورو، الكوال، الخ...). لقد ظهرت الحيوانات الجرابية في أميركا الشمالية قبل 100 مليون سنة، ثم ما لبثت أن غزت سريعاً أميركا الجنوبية، ولم تصل إلى أستراليا إلا قبل 25 مليون سنة، مروراً بالقارة القطبية الجنوبية، التي لم تكن في ذلك الوقت الصحراء المجلدة المعروفة اليوم. لقد كانت الحيوانات الجرابية الأميركية الجنوبية متنوعة للغاية قديماً، لكنها أبيدت من جراء منافسة الثدييات المشيميّات التي قدمت من الشمال قبل 5 ملايين سنة. إن الحيوانات الجرابية الأسترالية تواجه حالياً المصير نفسه منذ وصول الإنسان والكلب قبل 50 000 سنة، ووصول مشيميّات عديدة أخرى (جرذ، أرنب، ثعلب، قط، أيل، خروف، إلخ...) منذ ثلاثة قرون.

أو اصطدامها قد لعبت وما زالت تلعب دوراً أساسياً في ظهور الأنواع أو اختفائها وفي توزيعها الحالي أو الماضي. إضافة إلى موقع القارات، فإن التوزيع الجغرافي للأنواع يتعلق كذلك بالعوائق الكبيرة الحالية (سلاسل جبال، صحارى، بحار إلخ...) التي تمنع الكائنات الحية من التفرّق: إنه موضوع الجغرافيا الحيوية البيئية، التي تسعى فضلاً عن ذلك إلى فهم أثر التفاعلات بين الأنواع على توزيعها وهجرتها الحالية. في الواقع، إن عدد الأجناس الموجودة في منطقة معينة ونوعيتها هما حصيلة توازن بين معدل وصول الأنواع الجديدة ومعدل انقراض أنواع موجودة أصلاً.

إن المناخات هي المحرّكات الحاسمة لكل هذه الحركات. فهي مصدر التشكيلات النباتية الكبيرة (غابات، سهوب، مروج) التي تأوي بدورها مجموعات نوعية... هكذا حدّد الاختصاصيون 180 «إقليماً» جغرافياً حيوياً، مجمّعة بدورها في 8 «إمبراطوريات» شاسعة، تشكل الفروع الرئيسية للمحيط الحيوي. ■



يتردد قاطور الميسيسبي (Alligator mississippiensis) على المناطق المنقعية الواقعة إلى جنوب شرق الولايات المتحدة، خاصة في لويزيانا وفلوريدا.

كانت الحيوانات الجرابية الأميركية الجنوبية متنوعة للغاية قديماً، لكنها لا تضم اليوم إلا بعض آكلات اللحوم الصغيرة المتخصصة قليلاً، مثل هذا الأوبوسوم الكثير الصوف.



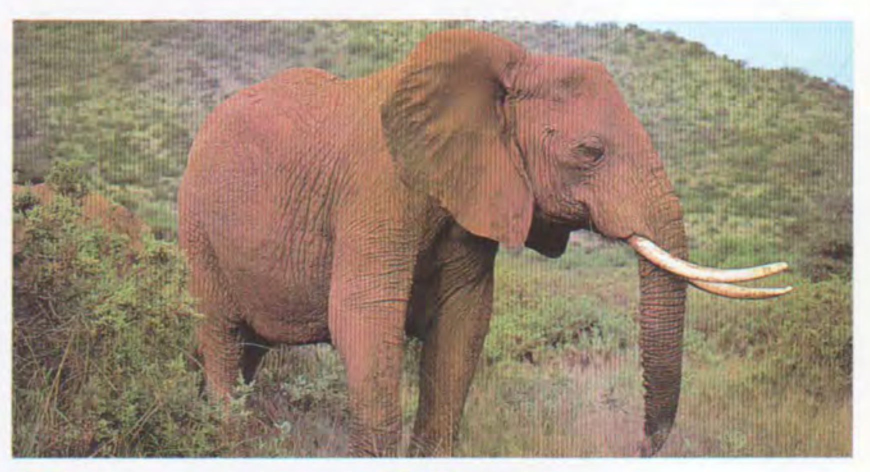
ولادة الأنواع

آليات التنواع (أو التفريق)

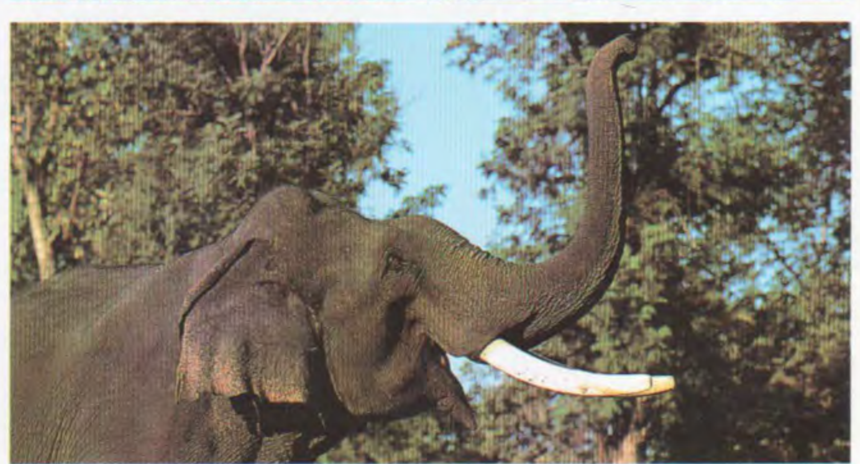
ما هو النوع؟ كيف يمكن لنوع معين أن يعطي أنواعاً أخرى؟ يفهم اختصاصيو التطور، رويداً رويداً كيف يستطيع نوع معيّن أن يتحول إلى نوعين مختلفين.

حتى بداية القرن التاسع عشر، كان يسود الاعتقاد بأن الأنواع لا تتغير. لكن جان باتيست لامارك، ثم شارل داروين أثبتا في الواقع أن الأنواع تتحول مع الوقت لتلد أنواعاً أخرى: إنها تتطور. في ذلك الوقت، كان النوع يعتبر الوحدة الأساسية للتصنيف الترتيبي للكائنات الحية، التي تجمع كل الأفراد التي تتشابه بما فيه الكفاية لكي تحمل الاسم نفسه. وبما أن هذا المعيار البسيط للتشابه قد بدا غالباً غير كاف، حدد أرنست ماير عام 1940، مفهوم «النوع البيولوجي»: مهما كان شكل الأفراد القادرين على ولادة أفراد آخرين مخصبين فيما بينهم، فإنهم ينتمون إلى النوع نفسه.

إن العملية التي يتمكن من خلالها نوع من ولادة نوعين مختلفين أو أكثر تسمى التنواع (أو التفريق). إن التنواع الجغرافي هو الأكثر تكراراً، وهو يحصل عندما ينتصب عائق (جبل، محيط، صحراء) على مسافة توزيع نوع معين. تميل المجموعات المنفصلة رويداً رويداً إلى أن تصبح مختلفة، خاصة إذا كانت الظروف المناخية السائدة على جهتي هذه الحدود الطبيعية مختلفة. بعد مرور فترة من الزمن، لا يعود باستطاعة أفراد هاتين المجموعتين التوالد فيما بينهم حتى ولو زالت الحدود الجغرافية (لم يعودوا منجذبين جنسياً إلى بعضهم البعض، لن







يتميز فيل أفريقيا السافانا (إلى أعلى) عن فيل الغابة (في الوسط) بشكل الأذنين والجبهة وباتجاه الدفاعات. بالرغم من المظاهر، يعتبر فيل الغابة أكثر قرباً من الناحية الجينية من فيل آسيا (إلى أسفل) منه إلى مثيله الأفريقي! بالنتيجة يمكن الاعتقاد بوجود نوعين مختلفين في أفريقيا.

تفسير كلمات

- يتكوّن **النوع البيولوجي** من مجموعات سكانية يكون أفرادها قادرين على التوالد فيما بينهم وإنجاب ذرية مخصبة.
- **التنواع** أو التفريق هو العملية التي ينفصل بواسطتها نوع إلى عدة أنواع مختلفة.
- يمكن أن يحصل **التفريق الجغرافي** عندما يعترض عائق ما انتقال أفراد، يتحركون في اتجاهات مختلفة من جراء تغيير الوسط على جهتي هذا الحاجز.
- **التفريق الموطني** يحصل في حين أن أفراد الجماعة نفسها يتقاسمون أرضاً ذات مميزات متماثلة.

يتطابق فصل الغرام بينهما أبداً، لا تعطي المجامعة بين أعضائهم ذرية قابلة للحياة، أو أن الهجن يكونون طبيعيين لكنهم يظلون عقيمين، إلخ...) لقد أصبحت المجموعتان نوعين مختلفين.

إن التفريق الجغرافي هو عملية بطيئة يمكن أن تشتد بواسطة ظاهرة تعرف بالانحراف الجيني. في الواقع، إن المجموعة الأم تملك جينات متعددة موزعة بشكل صدفوي بين كل أعضائها. تشكل مجموعة كل هذه الجينات في الجماعة الأولية نوعاً من «تشكيلة» جينات: مجمع الصفات الوراثية. عندما ينعزل أفراد عن بقية الجماعة، فإنهم لا يعودون يملكون إلا جزءاً من هذا التجمع الجيني. وعلى أساس هذه القاعدة الجديدة للجينات، المختلفة قليلاً عن قاعدة المجموعة الأم، سوف تتطور المجموعة الصغيرة المنعزلة. يمكن لأنواع جديدة أن تظهر كذلك بواسطة التفريق الموطني (التفسير الحرفي يعني «داخل الموطن نفسه») بشكل أسرع بكثير من التفريق الجغرافي. في هذه الحالة، لا يكون العزل المولّد ذو أصل بيئي، إنما ذو أصل جيني في أغلب الأحيان. إنه يحصل لدى أفراد يتقاسمون الأرض نفسها. يظهر تغيير عنيف واحتمالي للمميزات الجينية لدى فرد، بشكل عام، على أثر طفرة أو تزايد عرضي لعدد الكروموزومات. وحيث إن توالد هذا الفرد مع عضو في المجموعة الأم محكوم عليه بالإخفاق، فإن العزل المولّد يكون فورياً. إن التفريق الموطني هو مستحيل لدى الحيوانات الكبيرة، التي يستلزم توالدها مشاركة فردين. لكنه في المقابل شائع جداً لدى النباتات المزهرة القادرة على تلقيح نفسها ذاتياً أو على التكاثر بواسطة الافتسال. إنها تولد بهذه الطريقة وبسرعة كبيرة أفراداً (ثم جماعة) يفوق عدد كروموزوماتها عدد الكروموزومات لدى أعضاء الجماعة الأم. وفقاً لبعض علماء الأحياء، يمكن للتفريق الموطني أن ينجم أيضاً، لدى بعض الحيوانات (الحشرات خصوصاً) عن الطريقة التي تستغل بها الأنواع الموارد. لنتخيل مثلاً أن بعض الذبابات تتلذّذ بأكل ثمار الزعرور في حين أن البعض الآخر من أفراد هذا النوع يفضلون عليه ثمرة التفاح. فبدلاً من الالتقاء والتوالد على الزعرور، تلتقي هذه

يولد نوع في أغلب الأحيان نتيجة للعزل الجغرافي لجماعة سكانية.

الحشرات بشكل منفصل على مقربة من شجرة التفاح وتتوالد فيما بينها. ومع الوقت، ينتهي بهم الأمر إلى التباعد عن جماعتهم الأم التي ظلت على الزعرور. وفي الوقت نفسه، يتكيّفون مع شجرة التفاح حتى تشكل الجماعتان بعد فترة زمنية معينة نوعين فرعيين، ثم نوعين مختلفين. حتى ولو كان التطور يتتابع في أيامنا الحاضرة، فإن آلياته تصعب ملاحظتها، إنها تمتد في الواقع على فترات زمنية تكون غالباً أطول بكثير من المدة الزمنية لحياة الإنسان. ■

هل تعلم؟

عندما كان رجال العلم يصنفون الأنواع على أساس التشابه الشكلي فيما بينها فقط، كانوا يصلون أحياناً إلى نتائج مضلّة. وهكذا، لدى الأحياء التي يختلف فيها الذكور عن الإناث بشكل كبير، اعتبر الجنسان كنوعين مختلفين! تكرر كذلك الوقوع في أخطاء كهذه بالنسبة للكائنات الحية التي لا يشبه فيها الفتية أبداً الأفراد البالغين!



يكون التفريق الجغرافي شديداً جداً في الجزر، كما يوضح ذلك طيور جزر هاواي في الصورة. انطلاقاً من نوع سلفي واحد (إلى اليمين) تكونت رويداً رويداً أنواع أخرى متكيفة مع أنظمة غذائية مختلفة، كما يدل على ذلك شكل منقارها.

التطوّر المتقارب

في أوساط متشابهة، أنواع متشابهة

تتحدّر الأنواع من سلف مشترك، لكنها تتباعد عن بعضها البعض خلال مراحل التطوّر. غير أن البعض منها، بالرغم من سلوكه طرقاً تطوّرية غير مباشرة توصل إلى مظاهر التكيّف نفسها.





بالرغم من تباعدهما الشديد على شجرة الحياة، يظهر حيوانا الحرّاثة والطوبين المشترك هيئة متشابهة. إن هذا الشكل، المفيد جداً من أجل شق طريق في التربة، ينتج عن التكيّف مع الوسط نفسه.

هـل يمكـن أن تجمـع وشـائج قـربـى بين حيوانات القرش والدلفين، نظراً لمظهرهما الجانبي المغزلي الشكل شبه المماثل؟ كيف يمكـن لـلـطـوبين الجرابـي الأسترالي أن يكون في الواقع أكثر قرباً من الكونغورو، بالرغم من تشابهه المدهش مع الطوبين الموجود في مناطقنا؟ إن معاينة الأحياء يمكن أن تضلل أحياناً شخصاً مبتدئاً مؤمناً بمذهب النشوء والارتقاء. والسبب في الواقع أن هذه التشابهات تأتي من التطور الذي قاد هذه الأنواع، عبر طرق مختلفة تماماً إلى تبني الحالة نفسها لسمة معينة أو أكثر. إنها تقاربات تطورية.

إن الانتقاء الطبيعي هو الآلية الأساسية لتطور الأنواع: يعيش الأفراد الأكثر تكيفاً مع وسطهم فترة أطول من الأفراد الآخرين وينجبون عدداً أكبر من الفروع. هذا التطور هو متباعد بشكل أساسي: مع الزمن، تتباعد الأنواع المتحدرة من النوع السلفي نفسه حتماً عن بعضها البعض. غير أن هذا التطور المتباعد يترافق أحياناً بتقارب لبعض السمات، عندما تضطر الأنواع المغايرة إلى التكيف مع الضغوط البيئية نفسها. في البداية، يكون ظهور سمة ما صدفوياً. لا يحتفظ الانتقاء الطبيعي بهذه السمة إلا إذا كانت تنطوي على منفعة للذي يملكها. يتعلق مفهوم المنفعة بالوسط لأن سمة مؤاتية في وسط معين يمكن أن تشكّل عائقاً في بيئة مختلفة. يعزى التطور إذن في الأصل إلى الصدفة ثم يتكيف بواسطة البيئة. ليس من المدهش إذن أن نجد في الوسط نفسه، عند نهاية هذا الانتقاء الطبيعي،

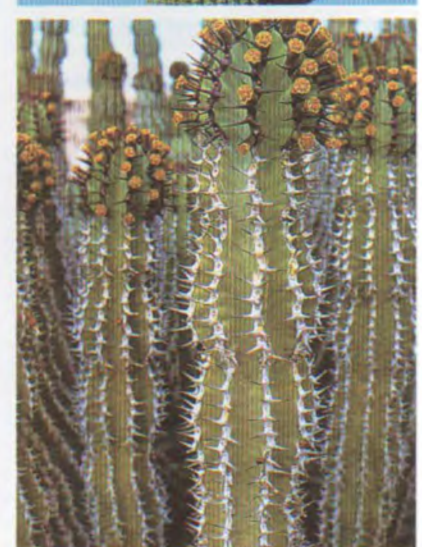
> **يُعزَى التطور في الأساس إلى الصدفة، لكنه تكيّف في ما بعد بالبيئة.**

نجد أنهما يملكان زعنفة ذيلية قوية ويتشاطران الشكل العام نفسه.
والأمر نفسه ينطبق على النباتات. في كل مناطق العالم التي يسودها مناخ متوسطي (شتاء لطيف ورطب، صيف حار وجاف)، نجد فيها جنبات ذات أوراق دائمة وقاسية، مقاومة للجفاف. غير أن هذه المجموعات، على الرغم من التشابه فيما بينها، تتكوّن من أنواع نباتية مختلفة. لقد أدّت أوضاع بيئية متشابهة، وسائدة في أماكن تكون أحياناً بعيدة جداً عن بعضها، إلى تكيفات متشابهة.
من عملية التقارب التكيفي هذه، استخرج علماء الأحياء عدة «قوانين». وهكذا فإن الحيوانات الثديية التي تعيش في مناخات باردة تميل إلى اكتساب قدر أكبر وشكل أكثر تماسكاً وزوائد (خطم، ذيل، قوائم، آذان) أكثر قصراً من الأنواع المماثلة التي تعيش في المناخات الحارة، يتكهن «قانون» آخر بأن أنواع الحيوانات الكبيرة التي أجبرت على العيش في أرض ضيقة (جزر صغيرة مثلاً) تجد قدها ينقص بشدة (قبل 000 50 سنة، كانت تعيش في صقلّية فيلة يبلغ ارتفاعها 80 سم).
يمكن لسمات بيوكيماوية أو وظائفية أن تخضع لتطور متقارب. على سبيل المثال، كل الكائنات الحية التي تعيش على منابع المياه الحارة مزوّدة بأنزيمات فعالة على درجة حرارة مرتفعة. كما أن التقاربات التكيفية يمكن أن تعني العلاقات التي يقيمها أفراد جماعة معيّنة فيما بينهم. إن نمط الحياة الاجتماعية مثلاً هو حاضر لدى المجموعات الحيوانية العديدة جداً والمختلفة جداً، وكذلك في وسط الحشرات والأسماك والطيور والحيوانات الثديية. وإذا كان دود الخشب والنمل هي حشرات اجتماعية، فإن أسلافهما قد اكتسبا بشكل مستقل عن بعضهما سلوكهما الاجتماعي.
يسعى رجال العلم، من خلال دراسة هذه الأمثلة المتعددة إلى توضيح آليات التقارب التكيّفي وأصله وهم يأملون بهذه الطريقة أن يكتشفوا الاتجاهات المستقبلية للتكيف مع البيئة، أو بتعبير آخر، ان يتنبأوا بوجهة التطور. ■

هل تعلم؟

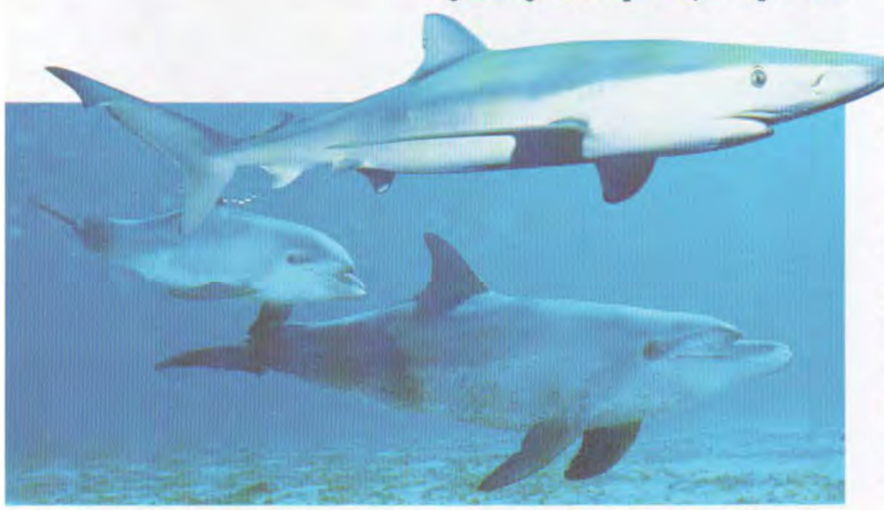
من البديهي أن الطرسوح أديلي الذي يسكن المنطقة القطبية الجنوبية، وشجيرات الشورى التي تنبت في منغروفات البلدان المدارية، ليس لهما سلف مشترك، قريب العهد. غير أن لهذين الكائنين الحيين غدداً ملحيّة. إن هذه الغدد التي تبين تطوراً متقارباً تفرز الملح الفائض. وهي ناتجة عن تكيّف مع الوسط البحري.





نظراً لاضطرارهما إلى الوقاية من الجفاف، يملك هذا الصبّار السيروس الذي ينبت في أريزونا (إلى أعلى) ونبات الفربيون الذي ينبت في ناميبيا (إلى أسفل) أوراقاً مسننة صغيرة جداً تحد من التبخر.

أحياء لا تمت إلى بعضها بأي نسب، لكنها تبرز سمات متشابهة أو شكلاً مشابهاً.
يطلق رجال العلم على التقارب التطوري اسم Homoplasie. تعني هذه الكلمة وجود السمة نفسها لدى عدة أنواع كان سلفها المشترك الأقرب عهداً محروماً منها. خلال التطور المتقارب، يحدث أن بنيات مختلفة جداً في الأصل لكنها تقوم بوظائف متشابهة ينتهي بها الأمر إلى التشابه. وهكذا لأن الدلفين (حيوان ثديي) والقرش (سمك) يتمتعان بقدّ كبير، ولأنهما متكيفان مع السباحة السريعة،



إن القرش الأزرق (سمك غضروفي) والدلفين الكبير (ثديي) المتكيفين مع السباحة السريعة، يتقاسمان شكلهما المغزلي الناتج عن تكيف متقارب.



الاصطفاء الطبيعي

لعبة مزدوجة للصدفة والتكيّف

كان التطوّر في البدء ثمرة الصدفة، لكن الاصطفاء الطبيعي وجّهه بعد ذلك. داخل مجموعة معينة، وحدهم الأفراد الأكثر تكيّفاً مع وسطهم هم الذين يظلون على قيد الحياة ويتوالدون، ناشرين بذلك سماتهم.





قبل التطور الصناعي، كان اللون الفاتح لفراشة أرفية السندر يحميها من الطيور كونه شبيهاً بلون قشرة الشجرة. وحدها الفراشات الطافرة السوداء اللون والنادرة كانت تتعرض للافتراس. لكن عندما غطى التلوث الجوي قشور شجر السندر بالسخام (سواد الدخان)، أزالت الطيور، التي تعتبر عوامل للاصطفاء الطبيعي، الفراشات البيضاء المرئية كثيراً. أدى ذلك الى ارتفاع نسبة الأفراد السود بشكل كبير.

تغيّر، توالد ووراثة: هذه هي الركائز الثلاث للاصطفاء الطبيعي، الذي يعتبر «محرك» التطور والذي اكتشفه عالم الطبيعيات البريطاني شارل داروين، في منتصف القرن التاسع عشر. في الواقع، يمكن تحديد التطور البيولوجي كتغيير للتركيب الجيني لمجموعة من الأفراد على مرّ الزمن. حتى يحصل هذا التغيير، يجب أن تظهر بالصدفة لدى فرد من المجموعة سمة، يحكمها جهاز جيني خاص. عندما يتوالد هذا الفرد المعنيّ بالأمر ـ حيوان، نبات أو كائن حي مجهري ـ فإنه ينقل هذه السمة إلى ذريته وفقاً لقوانين الوراثة.

يكيّف الاصطفاء الطبيعي المجموعات مع الوسط الذي تعيش فيه.

إن تأثير الاصطفاء الطبيعي يرتكز على هذه القاعدة. لأنه إذا كانت السمة الجديدة تكسب الفرد منفعة، فإنها تزيد الفرص أمامه للبقاء على قيد الحياة والتوالد. وبإنجابه ذرية أكبر من أمثاله، يقوم الفرد حامل السمة الجديدة بنشر هذه السمة داخل المجموعة. في المقابل إذا كانت السمة الجديدة تشكل عائقاً، فإن الفرد الذي يحملها يمكن أن يموت أو أن يجد صعوبة في التوالد. وبالتالي فإنه لا ينقل سمته فيزول من المجموعة. إن الاصطفاء الطبيعي يحتفظ إذن ببعض السمات ويزيل بعضها الآخر.

إن التغيرات الجينية الفردية، التي تعتبر المادة الأولية للاصطفاء الطبيعي، تجد أصلها في التغيرات الإحيائية أو الطفرات. قبل أن تنقسم الخلية، فإنها تضاعف حامضها النووي ADN ـ الجزيئة التي تحتوي على الميراث الجيني ـ لتعطي نسخة

تابع **شارل داروين** (1809 ـ 1882) دروساً في الطب واللاهوت قبل أن يبحر عام 1831 كعالم طبيعيات على متن باخرة الاستكشاف «بيغل». عند عودته، حلّل العالم البريطاني المعطيات التي جمعها خلال رحلته. من هنا ولدت الفكرة القائلة بأن الأنواع تتحدر من سلف مشترك وهي تتطور، بواسطة الاصطفاء الطبيعي. عام 1859، نشر داروين أفكاره في كتابه الشهير «من أصل الأنواع إلى وسيلة الاصطفاء الطبيعي».



عنه إلى كل واحدة من خلاياها الوليدة. غير أن الخلية يمكن أن تقترف بعض الأخطاء في النسخ، تتحول إلى طفرات أو تغيّرات إحيائية، في غياب التصحيح. إضافة إلى ذلك، تزيد بعض المواد الكيماوية أو بعض الإشعاعات، مثل الأشعة ما فوق البنفسجية، معدل الطفرات. لكن لا ينتظر كل الطفرات المستقبل نفسه، وحدها الطفرات التي حصلت في الخلايا الجنسية هي التي سوف تنتقل إلى الذرية.

كما أن قابلية التغير الفردية ترتفع بشدة بواسطة التوالد الجنسي، الذي يولّد بشكل منهجي فروعاً مختلفة عن بعضها البعض وعن أهلها. في الواقع، إن تجانس الجينات لدى فرد ينتج عن مزيج صدفوي للجينات العائدة للأبوين. لذلك، فإن التوالد الجنسي يخلق بشكل مستمر ترتيبات جينية جديدة.

سواء أكانت الطفرات مضرّة، أو مفيدة، أو محايدة، فإنها تكون دائمة صدفوية. لهذا السبب لا يخلو التطور في البدء من الصدفة. ان احتمال ظهور طفرة خاصة لا يتعلق أبداً بمنفعتها المحتملة. على سبيل المثال، إن الطفرات المسؤولة عن كثافة فرو الحيوانات ليست أكثر وقوعاً في القطب الشمالي مما هي عليه في المناطق الأخرى. لكن الأفراد الذين يحملون هذه الطفرات، بالصدفة، هم أكثر مقاومة للبرد من الأفراد الآخرين. وهكذا فإنهم يظلون أحياء وينجبون ذرية أكثر عدداً تقوم بدورها بنقل هذا التغيير إلى ذريتها. على مرّ الأجيال، سوف يزيد تواتر الطفرات المفيدة داخل المجموعة.

لكن إذا كانت كثافة الفرو تكسب الدب القطبي، على الجليد الساحلي الشمالي منفعة أكيدة، فإنها تشكل حتماً إزعاجاً جدياً في الغابة الاستوائية! يختلط مفهوم المنفعة إذن مع مفهوم التكيّف مع البيئة. وحدهم الأفراد الذين يمتلكون أفضل التكيفات، لإيجاد موارد بيئتهم





لقد استعمرت طيور برقش غالابانوس، المتحدّرة من طيور البرقش القارية كل جزر الأرخبيل، المختلفة بعضها عن بعض. وقد أدى عندئذٍ الاصطفاء الطبيعي إلى تكيّف شكل منقار هذه الطيور مع أنظمة غذائية متنوعة. إن هذا المثل، وبعض الأمثلة الأخرى هي التي أوحت لشارل داروين بفكرة تطور الأنواع.

هل تعلم؟

نظراً لكون الآلية الأساسية للتطور تظهر تماثلاً قوياً مع الاصطفاء الاصطناعي الذي يمارسه المزارعون ومربو الماشية، فقد أطلق شارل داروين على هذه الآلية اسم «الاصطفاء الطبيعي».

واستعمالها بشكل أفضل، يمكنهم لاحقاً البقاء على قيد الحياة والتوالد. وهكذا يكيّف الاصطفاء الطبيعي الجماعات مع وسطها.

غير أن هذه الآلية البطيئة للغاية يمكن أن تحصل، في بعض الحالات، على مدى عدة أجيال. عندها تكون صالحة بشكل أسهل لتكون موضوع دراسة علمية. إن مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية تشكل مثلاً جيداً عن التكيّف مع البيئة بواسطة الاصطفاء الطبيعي. إن وجود مضاد حيوي هو تغيير أساسي في بيئة البكتيريا. وعندما لا تُقتَل كل البكتيريا التي تصيب مريضاً، فإن المضاد الحيوي يصطفي بعض الأفراد الذين يكونون قد اكتسبوا بالمصادفة الطفرات التي تعطيهم هذه المقاومة. واعتباراً من الجيل اللاحق، تنقل هذه البكتيريا سماتها المفيدة إلى ذريتها. تتكيف جماعتها مع هذا الوسط الجديد. إنها تتطور. إن الاصطفاء الطبيعي هو إذن آلية ضرورية وكافية لتطور الأنواع. ■

تفسير كلمات

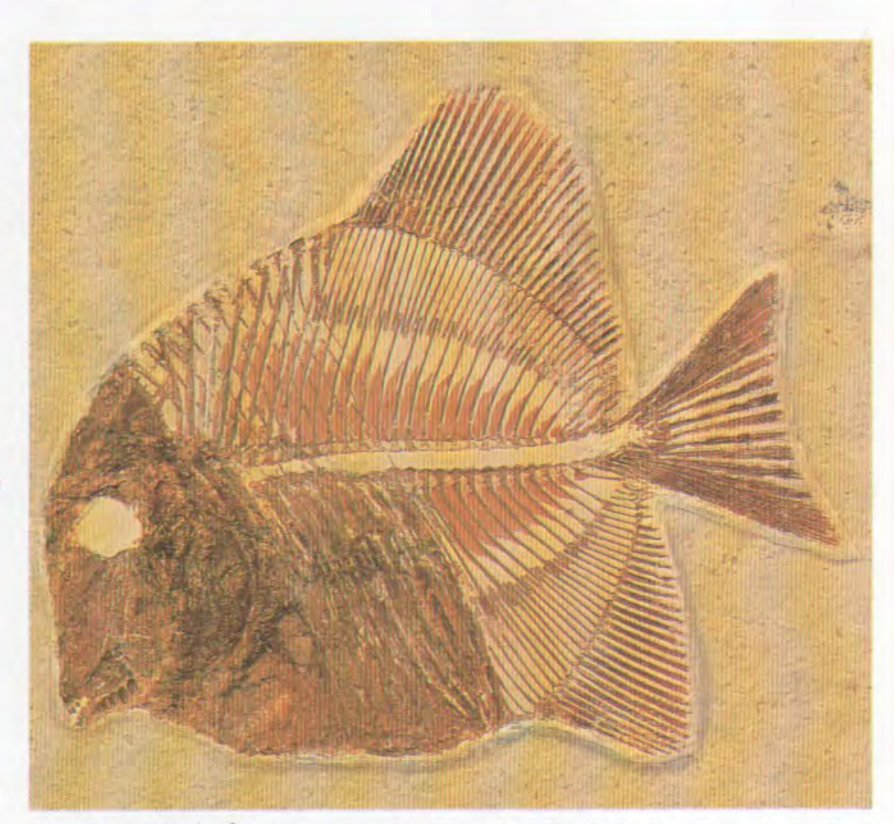
- **الطفرة** (أو التغيير الإحيائي) هو تغيير دقيق ودائم للميراث الجيني.
- **الاصطفاء الطبيعي** يُبقي على الأفراد الأكثر تكيفاً مع وسطهم، الذين يظلون على قيد الحياة، بفضل سماتهم الملائمة، ويتوالدون وينقلوا بذلك هذه السمات إلى ذريتهم.
- **التطور البيولوجي** هو تغيير التركيب الجيني لمجموعة من الأفراد على مرّ الزمن.



التطوّر

تطوّر الأنواع

إن الأنواع الحالية هي ثمرة مليارات السنين من التطوّر. اليوم، تشكل نظرية التطوّر، التي وضعت قبل 150 سنة وتطوّرت منذ ذلك الوقت بشكل مستمر، أداة علمية قيمة للإحاطة عن قرب بتاريخ الحياة.



إن اكتشاف المستحاثات، مثل هذه السمكة من العصر الجوراسي التي وجدت في ألمانيا، دفع رجال العلم إلى التساؤل عن تاريخ الأنواع، وهم يقومون، منذ حوالى قرنين، بوضع نظرية التطور.

تظهر الكائنات الحية تنوعاً مدهشاً وكذلك تنطوي على تشابهات عديدة. من هذه الملاحظة وُلدت قبل قرنين فكرة القربى بين الأنواع، التي أوحت بوجود مصدر مشترك وعملية تطور. حتى نهاية القرن الثامن عشر، كان الفكر العلمي السائد هو الفكر الإبداعي: بحركة واحدة، خلق الله كل الكائنات الحية.

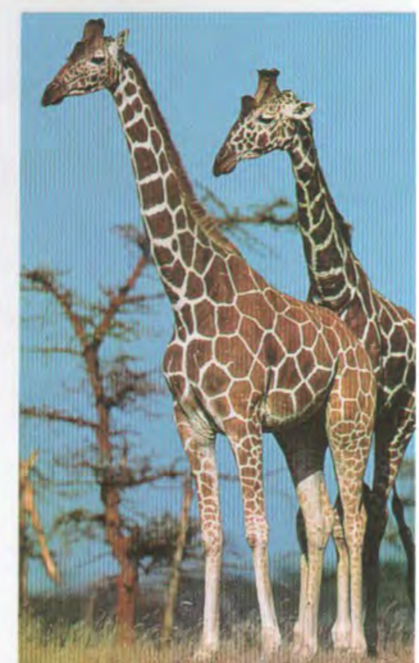
عام 1809، اقترح الفرنسي جان باتيست لامارك أول نظرية تطور حقيقية. في كتابه «الفلسفة الحيوانية» أطلق فرضية السلالة المشتركة للأنواع. حسب اعتقاده، تخضع الكائنات الحيّة إلى نوع من القوة الدافعة العامة تنقلها من البسيط إلى المعقد وتجبرها على التطور. يعتقد لامارك دون أن يقدم آلية حقيقية، أن الأنواع تتحول لتتكيف مع وسط جديد. وهكذا فإن أسلاف الزرافة ربما أطالت رقابها بهدف أكل الأوراق الموجودة على قمم الأشجار. إن طول رقبة الزرافات حالياً ربما يكون نتيجة جهد الاستطالة هذا الذي بذله أسلاف هذا الحيوان. وفقاً للامارك، يكتسب كل فرد خلال وجوده، سمات ينقلها لاحقاً إلى أعقابه. في الواقع، من المعروف اليوم أن السمات المكتسبة لا تنتقل بالوراثة.

كان شارل داروين هو أول من حاول تفسير الآليات التي تتبعها الأنواع حتى تتغيّر. عام 1859، أكد داروين في كتابه «من أصل الأنواع إلى وسيلة الاصطفاء الطبيعي» أن سمات أفراد ينتمون إلى النوع نفسه تتغيّر بشكل صدفوي، وأن هذه التغيرات هي وراثية. تصطفي البيئة عندئذٍ بعض الأفراد الذين يمكنهم أن

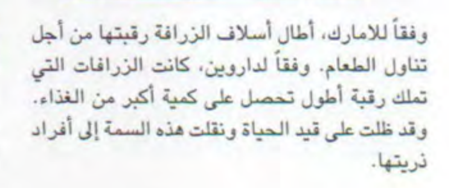
قدّم شارل داروين دراسة تفسّر الآليات التي تتطور الأنواع من خلالها.

يتوالدوا وينقلوا سماتهم إلى ذريتهم. في الواقع، إن الأفراد المنتمين إلى النوع نفسه، وحتى الذين ينتمون إلى أنواع مختلفة، يجدون أنفسهم أحياناً في حالة منافسة على المورد نفسه. وحدهم الأكثر أهلية للبقاء على قيد الحياة في هذا الوسط يتمكنون من التوالد.

لكن داروين أخفق في تفسير طريقة حصول التغيرات الفردية وكيفية انتقالها إلى الأعقاب. ظل أصل قابلية التغيّر الوراثية سراً حتى بداية القرن العشرين عندما أعيد اكتشاف الأعمال التي نشرها الراهب النمساوي غريغور مانديل عام 1865. فقد فسّر فيها قوانين الوراثة وأشار إلى أن المادة الوراثية تتكوّن من







وفقاً للامارك، أطال أسلاف الزرافة رقبتها من أجل تناول الطعام. وفقاً لداروين، كانت الزرافات التي تملك رقبة أطول تحصل على كمية أكبر من الغذاء. وقد ظلت على قيد الحياة ونقلت هذه السمة إلى أفراد ذريتها.

جسيمات موجودة في الخلايا. عام 1919 تحقق الأميركي طوماس مورغان من هذه الفرضية: لقد برهن أن الكروموزومات هي ركيزة للجينات وأوضح كيفية الانتقال الوراثي للسمات. عام 1942، نشر عالم الطبيعيات الإنكليزي جوليان هوكسلي نظرية تركيبية للتطور، يوفّق فيها بين مذهب النشوئية وبين معطيات علم الوراثة وعلم الأجنة وعلم الإحاثة. ومنذ ذلك التاريخ، دعمت علوم أخرى جديدة، منها علم البيولوجيا الخليوية بشكل خاص، هذه النظرية.

عام 1953، اكتشف فرنسيس كريك وجيمس واطسون، بنية الحامض النووي ADN ، أو الجزيئة الركيزة للوراثة. من المعروف اليوم أن تغيرات الجينات، أي الطفرات، يمكن تفسيرها بواسطة خصائص ADN وأنها تحصل بالمصادفة. إن نتيجتها ليست قصدية. يغيّر بعض هذه الطفرات سمات معينة للكائن الحي. منذ عام 1866، وضع عالم الأجنة الألماني أرنست هيكيل أول تصنيف للكائنات الحية، مرتكزاً على فكرة التطور. عام 1950، ابتكر العالم الاختصاصي بالحشرات، الألماني ويلي هينغ منهج تصنيف الأحياء آخذاً بعين الاعتبار تطورها وسمي بالتصنيف العرقي أو النوعي. يسمح هذا التصنيف المرتكز على التمييز بين السمات السلفية والسمات المتطورة، بالبحث عن الأسلاف المشتركين الأقرب لأنواع مختلفة. ما زال التصنيف العرقي مستعملاً في يومنا الحاضر. وهكذا يعتبر الأحياء الذين يملكون البنية الجزيئية الأقرب فيما بينهم كجيران على شجرة التطور. ■



إن دراسة الطفرات (في الصورة ذبابة الخل التي تملك زوج أجنحة إضافية) سمحت بتوضيح أدق لبعض آليات التطور.

هل تعلم؟

وفقاً لنظرية التدرّجية، يتم التطور ببطء عبر تغيّرات شديدة التدرج للسمات. ووفقاً للنظرية المعروفة «بالتوازنات المرقّمة»، يحصل التطور على عكس النظرية السابقة عبر وثبات. خلال ملايين السنين، لا يتغير نوع معين عملياً. وبعد ذلك تطرأ طفرة وتغير النوع بشكل كبير. وبفضل علم الأحياء الجزيئي، تم إثبات أن هاتين الفرضيتين مقبولتان. إنهما تفسران مراحل مختلفة من التطور.

تواريخ

- **1809:** لامارك: تتحوّل الكائنات الحية بهدف التكيّف مع الوسط.
- **1859:** داروين: تتغيّر الأنواع عن طريق الصدفة. يحتفظ الاصطفاء الطبيعي ببعض هذه التغيرات.
- **1865:** مانديل: قوانين الوراثة.
- **1919:** مورغان: إن السمات الوراثية تحملها الكروموزومات.
- **1942:** هوكسلاي: النظرية التركيبية للتطور.
- **1953:** كريك وواطسون: بنية الحامض النووي ADN، الذي يعتبر ركيزة الوراثة.



الأحياء مادة للاختبار

ظهور التقنيات البيولوجية

تمكّن رجال العلم من إخضاع الميراث الجيني للكائنات الحيّة للاختبار بمجرد إدراكهم للرمز الجيني. هكذا فتحت التقنيات البيولوجية آفاقاً جديدة ومذهلة تثير الآمال والمخاوف في الوقت نفسه.



لأن الميراث الجيني لنبتة الذرة هذه المعدلة جينياً يحتوي على جينة بكتيريا، فإن هذه الذرة تنتج بنفسها مبيد حشرات. إنه يقتل يرقانات الحشرة النارية التي تحفر الساق.

صويا ذاتي المقاومة لمبيد الأعشاب الأكثر فعالية، نبتة ذرة تدافع عن نفسها بنفسها ضد متلفيها، حيوانات ثديية يحتوي حليبها على بروتينات بشرية، قطعان من النعاج المستنسخة، بشر يعالجون بـ«جينات - أدوية»... بعد أن سعى رجال العلم خلال قرون عديدة إلى فهم الأحياء، أصبحوا الآن يخضعونهم للاختبار: إنها الهندسة الجينية.

بدأ الأمر عام 1953 مع اكتشاف بنية الحامض النووي ADN الذي يعتبر ركيزة الوراثة، من قبل الأميركيَيْن فرنسيس كريك وجيمس واطسون. وبعد ذلك باثني عشر عاماً، تمّ فك طلاسم الرمز الجيني. أخيراً تمّ فهم لغة الجينات التي تحكم، فيما تحكم، تركيب البروتينات. هناك أمر أساسي: هذه اللغة هي نفسها بالنسبة لكل الكائنات الحيّة. وعلى خط مواز، تمكن علماء كيمياء حيوية من التعرّف على أنزيمات تقطع أو تلصق أو تركّب أجزاء الحامض النووي ADN.

ولدت الهندسة الجينية عام 1972 عندما أصبح بالإمكان «صنع حامض نووي ADN متعدد العناصر بطريقة يدوية»، وذلك بضم ADN الفيروس إلى ADN البكتيري. وفي السنة التالية، تمّ التوصل بنجاح إلى إدخال جزيئة ADN تحتوي على جينات من نوعي البكتيريا إلى البكتيريا. فكان أول كائن حي معدل جينياً OGM.

خلال الثمانينات، حاول رجال العلم تعديل كائن حي نباتي كامل بواسطة التكوين المعدّل. تقضي هذه التقنية الجديدة بنقل جينة خاصة من كائن حي إلى كائن حي

إن إنتاج حيوان معدّل جينياً هو عملية طويلة وصعبة ومكلفة.

آخر. عام 1983، تمّ إنتاج أول نبتة تبغ معدلة جينياً. ثم تمّ إعداد تشكيلة من الذرة المزودة بجينية بكتيريّة تنتج مبيد حشرات، لمقاومة متلفها الطبيعي أي الحشرة النارية. تطول لائحة النباتات المعدلة جينياً بسرعة: طماطم وشمام يتأخر موعد فسادها، صويا مقاومة لمبيدات الأعشاب...

أول حيوان معدل جينياً كان فأراً، عام 1981. للحيوانات الثديية ميزة وهي أنها تنتج حليباً. يتم إلصاق جينة مسؤولة عن تركيب بروتين بشري ذي أهمية طبية بجزء من ADN يحصر تعبير هذه الجينة بالغدد الضرعية. وبعد ذلك يتم إدخال هذه البنية الجينية في مضغة الحيوان

تفسير كلمات

- **الهندسة الوراثية** تعني أي تعديل في الميراث الجيني لأي كائن حي (فيروس، بكتيريا، نبات، حيوان).
- **التكوين المعدّل** هو مجموعة التقنيات التي تسمح بالحصول على كائنات معدلة جينياً يحتوي ميراثها الجيني على جينة غريبة مصدرها نوع آخر (فيروس، بكتيريا، نبات، حيوان).
- **الاستنساخ** يسمح بالحصول على عدة نسخ مماثلة لكائن حي. بالإمكان استنساخ حيوان ثديي انطلاقاً من مضغة أو انطلاقاً من خلية مأخوذة من شخص بالغ.
- **العلاج الجيني** يعني مجموعة التقنيات التي تسمح باستبدال جينة ضعيفة بجينة طبيعية، أو بكل بساطة إضافة الجينة الطبيعية إلى خلايا بشرية كانت محرومة منها سابقاً.

الضرعي، البقرة مثلاً. تعطي المضغة بقرة يحتوي حليبها على البروتين البشري. واليوم يوجد ماعز ونعاج وبقر وأرانب تنتج بروتينات بشرية (مانع التخثر، مصل الألبومين...) في حليبها.

لكن إنتاج حيوان معدل جينياً هو عملية طويلة وصعبة ومكلفة. وبمجرد الحصول على الحيوان، يكون من المثير للاهتمام إنتاج عدة نسخ طبق الأصل عنه. لدى النعجة، تمّ التحكم باستنساخ الخلايا المضغية منذ العام 1986، ولدى البقرة منذ عام 1987.

عام 1996، تمكن علماء أحياء اسكتلنديون من الحصول على النعجة دوللي، التي استنسخت انطلاقاً من خلية بالغة. ومنذ ذلك الوقت، رأت النور عدة حيوانات مستنسخة من الماعز والنعاج تنتج بروتينات بشرية.

تهم هذه الاختبارات مجال الصحة بشكل مباشر. في المقابل، إن التلاعب بالحامض النووي ADN لبعض الخلايا البشرية بهدف معالجة أمراض جينية هي في مرحلة أكثر تقدماً. يهدف العلاج الجيني إلى استبدال الجينة الضعيفة التي تشكل مصدر المرض بنسخة طبيعية. وهكذا يلغي الباحثون المصدر المسبب للمرض نفسه. أمراض عديدة معنية بذلك: سرطانات، التهاب العضلات، نعورية، ليفة كيسيّة،



إن النعجة دوللي هي أول حيوان مستنسخ انطلاقاً من خلية بالغة، وقد أثارت مشاعر قلق عديدة. ومنذ ذلك التاريخ، أعاد رجال العلم تطبيق هذه المأثرة على حيوانات ثديية أخرى.

أمراض القلب والأوعية... واليوم، وحده قصور وراثي شديد للجهاز المناعي تم علاجه بواسطة العلاج الجيني. عام 1999، تمّ في مستشفى «نيكير - الأطفال المرضى» في باريس، علاج طفلين صغيرين لا يملكان دفاعات مناعية - وكانا مضطرين للعيش في بيئة معقّمة تماماً - عاد طفلا الفقاعات المذكوران إلى منزلهما عام 2000 حيث يعيشان بشكل طبيعي.



البعض فقط من «أطفال الفقاعات» تمّ علاجهم اليوم بواسطة المعالجة الجينية.

هل تعلم؟

إذا كانت الأحياء المعدلة جينياً تقلق الرأي العام أحياناً، فإنها تخفي في الوقت عينه مفاجآت.

هكذا تمكن باحثون فرنسيون في شهر آذار / مارس 1997 من إنتاج خضاب الدم البشري (هيموغلوبين) انطلاقاً من نبتة التبغ! وقبل ذلك بعامين، زرع فريق عمل ياباني جينة طحلب مضيء بيولوجياً في مضغة فأر. نتج عن ذلك ولادة فأر يبعث نوراً أخضر في العتمة! في شهر تموز / يوليو 2000، أنتجت شركة كندية ماعز معدلة جينياً يعطي حليبها البروتين الذي يستعمله العنكبوت لنسج خيوطه. سوف يستعمل حرير العنكبوت هذا، الذي يمتاز بليونة ومقاومة شديدتين، لإنتاج سترات واقية من الرصاص.

إن التقنيات البيولوجية بفتحها آفاق جديدة وواعدة، تثير القدر نفسه من الآمال والمخاوف. إنها تطرح كذلك العديد من المسائل الأخلاقية. ■

تواريخ

1953: اكتشاف بنية الحامض النووي ADN.
1965: اكتشاف وظيفة الرمز الجيني.
1972: ولادة الهندسة الجينية.
1973: أول كائن حي معدل جينياً (بكتيريا).
1981: أول حيوان معدل جينياً (فأر).
1983: أول نبتة معدلة جينياً (تبغ).
1986: استنساخ نعجة انطلاقاً من خلايا مضغية.
1996: استنساخ نعجة انطلاقاً من خلية بالغة (دوللي).
1999: استنساخ ماعز معدّلة جينياً تحتوي على بروتينات بشرية في حليبها.
2000: إعلان عن أول نجاح لعلاج جيني.



موسوعة LAROUSSE







تيسّر هذه الموسوعة التي تجمع مؤلفات علميّة مبسّطة لذة القراءة وسهولة المطالعة. فهي تبحث في مواضيع العلم الكبيرة المتعلقة بالبيئة والإنسان وكل الكائنات الحيّة. كذلك الظواهر الطبيعية المتغيرة مع مرور الزمن، وآثارها المدمرة. كما أنها تبين لنا مدى تدخل الإنسان في بعض الحالات، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في تفعيل بعض الكوارث البيئية. من هنا تأتي ضرورة الاهتمام والحفاظ على البيئة، حتى نتمكن - قدر الإمكان - من تخفيف حدة الآثار السلبية ونصبح في الوقت نفسه أكثر استعداداً لمواجهتها.

موسوعة تناسب كل أفراد العائلة

عناوين هذه السلسلة

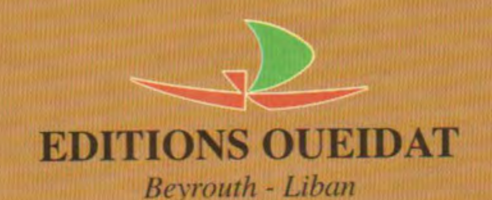
الإنسان والبيئة كوكب ذو ألف وجه ■ الماء والأوساط المائية ■ التربة والهواء.

تهديدات البيئة الإنسان المهدد ■ الأوساط الكبيرة المهددة ■ الحفاظ على البيئة.

البيئة والكائنات الحيّة وظيفة الخلايا ■ وظيفة الأحياء.

الحياة وعلم البيئة العلاقات بين الأحياء ■ علم البيئة والأوساط الكبيرة في الحياة ■ التطوّر.


ISBN 9953-28-077-0
9 789953 280776


EDITIONS OUEIDAT
Beyrouth - Liban